

UNIVERSIDAD DE GRANADA

Departamento de Geografía Física-Análisis Geográfico Regional

LA CAMPIÑA BAJA Y EL VALLE DE ANDUJAR:
ORGANIZACION DEL ESPACIO AGRARIO.

Tesis presentada por D. Rafael
MACHADO SANTIAGO y dirigida por
el Dr. D. Francisco VILLEGAS MO
LINA para aspirar al Grado de
Doctor en Geografía.

Jaén, Julio de 1.986

INDICE GENERAL

	<u>Págs.</u>
INTRODUCCION TEORICA Y METODOLOGICA	
I. CONSIDERACIONES PREVIAS.....	10
II. METODOLOGIA Y FUENTES.....	16
II.A. GENERALIDADES METODOLOGICAS.....	17
II.A.1. CLASIFICACION Y VALORACION.....	19
II.A.2. NIVEL ESPACIAL DE INFORMACION.....	21
II.B. LAS FUENTES DE INFORMACION.....	23
II.B.1. FUENTES PUBLICAS.....	24
a. CUALITATIVAS.....	24
b. CUANTITATIVAS.....	27
II.B.2. FUENTES DE INFORMACION PRIVADAS.....	30
II.B.3. INFORMACION PERSONAL.....	32
II.C. CONCLUSIONES, SINTESIS Y ESTRATEGIAS DE ACTUACION.....	33
PRIMERA PARTE	
COMPONENTES GEOFISICOS EN EL ESTUDIO DE LA ORGANIZACION DEL ESPACIO AGRARIO.	
CAPITULO I: ESTRUCTURA, MORFOLOGIA Y SUELOS EN RELACION CON LA APTITUD AGRARIA....	36
I.A. LAS GRANDES UNIDADES ESTRUCTURALES.....	36
I.A.1. DESCRIPCION LITOLOGICA Y ESTRUCTURAL..	40
a. MACIZO IBERICO O MACIZO HESPERICO....	40
a.1. ZONA CENTROIBERICA.....	42
a.2. ZONA DE OSSA MORENA.....	44
a.3. BATOLITO DE LOS PEDROCHES.....	48
b. TRIASICO DEL BORDE DE LA MESETA.....	51
c. VALLE DEL GUADALQUIVIR.....	52
c.1. UNIDAD AUTOCTONA.....	54
c.2. UNIDAD ALOCTONA.....	58
I.A.2. EVOLUCION GEOMORFOLOGICA Y FORMAS DEL RELIEVE.....	60
a. MACIZO IBERICO O MACIZO HESPERICO....	60
b. TRIASICO DEL BORDE DE LA MESETA Y VALLE DEL GUADALQUIVIR.....	65
I.B. EL RELIEVE: DISPOSICIONES TOPOGRAFICAS.....	69
I.B.1. INTENSIDAD DEL RELIEVE.....	70
I.B.2. CUANTIFICACION DE LOS RELIEVES.....	76

	<u>Págs.</u>
I.C.LAS UNIDADES EDAFICAS.....	85
I.C.1.EL SOPORTE LITOLOGICO.....	89
a.UNIDADES DE SUELOS SOBRE ROCAS SEDI- MENTARIAS.....	90
a.1.SOBRE CUARCITAS, PIZARRAS, ARENIS- CAS Y CALIZAS.....	90
a.2.SOBRE ARENISCAS, ARCILLAS, CONGLO- MERADOS Y YESOS.....	92
a.3.SOBRE MARGAS, CALIZAS MARGOSAS, CAL- CARENITAS Y ARCILLAS DEL MIOCENO..	93
a.4.SOBRE ARENAS, ARCILLAS Y CONGLOME- RADOS.....	95
b.UNIDADES DE SUELOS SOBRE ROCAS PLUTO- NICAS Y METAMORFICAS.....	101
b.1.SOBRE GRANITO, ROCAS FILONIANAS, CORNEANAS, ESQUISTOS Y FILITAS.....	102
I.C.2.CARACTERISTICAS TIPOLOGICAS DE LOS SUELOS.....	104
a.LITOSOLES.....	104
b.REGOSOLES.....	105
b.1.REGOSOLES CALCARICOS.....	105
b.2.REGOSOLES EUTRICOS.....	106
c.FLUVISOLES.....	107
c.1.FLUCISOLES CALCARICOS.....	107
d.VERTISOLES.....	108
d.1.VERTISOLES CROMICOS.....	108
e.CAMBISOLES.....	110
e.1.CAMBISOLES CALCICOS.....	110
e.2.CAMBISOLES EUTRICOS.....	112
e.3.CAMBISOLES VERTICOS.....	112
f.LUVISOLES.....	114
f.1.LUVISOLES CALCICOS.....	114
f.2.LUVISOLES CROMICOS.....	115
f.3.LUVISOLES TAPTO RUPTICO.....	116
g.PHAEOZEMS.....	117
g.1.PHAEOZEMS HAPLICOS.....	117
I.C.3.EL SUELO:SU EVALUACION Y APTITUD DE USO AGRARIO.....	118
a.EVALUACION SOBRE ROCAS SEDIMENTARIAS. a.1.SOBRE PIZARRAS.....	123
a.2.SOBRE ARENISCAS Y ARCILLAS.....	124
a.3.SOBRE MARGAS Y ARENISCAS.....	125
a.4.SOBRE ARENAS Y ARCILLAS.....	126
b.EVALUACION SOBRE ROCAS PLUTONICAS Y METAMORFICAS.....	128
b.1.SOBRE GRANITO, FILITAS Y PIZARRAS..	128
I.D.VALORACION AGRONOMICA.....	129
 CAPITULO II: VALORACION AGROCLIMATICA E HIDRICA	
II.A.VALORACION AGROCLIMATICA.....	134
II.A.1.METODOLOGIA.....	135

	<u>Págs.</u>
a.HIPOTESIS-SINTESIS.....	135
b.LAS TEMPERATURAS Y LAS PRECIPITACIONES.....	136
b.1.EVAPOTRANSPIRACION:POTENCIAL Y RESIDUAL.....	137
b.2.DISPONIBILIDADES HIDRICAS.....	139
c.SINTESIS:DIAGRAMA AGROCLIMATICO.....	143
d.CRITICA.....	146
II.A.2.ESTACIONES METEOROLOGICAS E INFORMACION ESTADISTICA.....	148
a.LOCALIZACION.....	150
b.TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES Y PRECIPITACIONES.....	155
c. COMPONENTES BASICOS DEPENDIENTES: EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL Y RESIDUAL,DISPONIBILIDES HIDRICAS Y DIAS DE CRECIMIENTO VEGETAL.....	165
d. LAS CORRECCIONES HIDRICAS.....	172
II.A.3.SINTESIS DE VALORACION AGROCLIMATICA: LOS DIAGRAMAS.....	178
II.B. VALORACION HIDRICA.....	194
II.B.1.LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES: CUANTIFICACION.....	195
a.SUBCUENCA DEL GUADALBULLON.....	198
b.SUBCUENCA DEL GUADALQUIVIR.....	200
c.SUBCUENCA DEL JANDULA.....	202
d.SUBCUENCA DEL RUMBLAR.....	203
e.SUBCUENCA DEL SALADO DE ARJONA.....	204
f.SUBCUENCA DEL SALADO DE PORCUNA.....	206
g.SUBCUENCA DEL RIO YEGUAS.....	207
II.B.2.LOS RECURSOS HIDRICOS SUBTERRANEOS: APROXIMACION A SU ESTUDIO.....	207
a.SECTOR ANDUJAR-MARMOLEJO.....	209
b.SECTOR DEL RUMBLAR.....	211
II.B.3.UTILIZACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES:EL REGADIO.....	215

SEGUNDA PARTE

COMPONENTES AGROECONOMICOS EN EL ESTUDIO DE LA ORGANIZACION DEL ESPACIO AGRARIO

CAPITULO I:UTILIZACION Y APROVECHAMIENTO AGRICOLA.....	227
I.A.FIN DE LA ECONOMIA TRADICIONAL:UTILIZACION Y APROVECHAMIENTO AGRICOLA EN 1960.....	228
I.A.1.EL SECANO Y EL REGADIO.....	234
I.B.CAMBIOS MAS IMPORTANTES OPERADOS EN LA UTILIZACION Y APROVECHAMIENTO AGRICOLA HASTA-1983.....	240

	Págs.
I.B.1.EL SECANO Y EL REGADIO.....	247
I.C.ELEMENTOS BASICOS DEL CAMBIO PRODUCIDO Y RESULTADOS.....	255
CAPITULO II:UTILIZACION Y APROVECHAMIENTO GANADERO.....	259
II.A.LOS EFECTIVOS GANADEROS Y SU EVOLUCION.....	261
II.B.DENSIDAD PECUARIA Y COMPOSICION DE LAS CABAÑAS.....	270
II.C.LAS ESPECIES GANADERAS;DISTRIBUCION GEOGRAFICA Y RAZAS DOMINANTES.....	284
II.C.1.EL GANADO VACUNO.....	285
II.C.2.ESPECIE PORCINA.....	291
II.C.3.CABAÑA OVINA.....	292
II.D.PROBLEMÁTICA DEL APROVECHAMIENTO GANADERO.....	294
CAPITULO III:LA VEGETACION:INFORMACION COMPLEMENTARIA A LA UTILIZACION Y APROVECHAMIENTO AGRARIO DEL SUELO.....	298
III.A.IA VEGETACION NATURAL:DESCRIPCION E INTERPRETACION DEL MAPA.....	301
III.A.1.BOSQUES DE BORDE DE RIO.....	305
a.BOSQUE CLARO.....	307
b.BOSQUE DENSO.....	309
III.A.2.BOSQUES.....	314
a.ENCINAR DENSO PERENNE.....	314
b.ENCINAR CON MALOJO.MATORRAL CLARO ENTRE EL ENCINAR CON MALOJO.....	316
c.PINARES.....	316
III.A.3.MATORRALES SOBRE SUSTRATO SILICEO.....	317
III.A.4.DEHESAS.....	320
III.B.VALORACION.....	321
CAPITULO IV:LA MECANIZACION:INFLUENCIA EN LA UTILIZACION AGRARIA DEL SUELO.....	323
IV.A.CAMBIOS MAS IMPORTANTES EN LAS ULTIMAS DECADAS.....	324
IV.B.NIVEL DE MECANIZACION:LOS INDICES.....	332
CAPITULO V:ESTRUCTURA DE LA PROPIEDAD Y EXPLOTACION AGRICOLA.REGIMENES DE TENENCIA.....	343
V.A.ESTRUCTURA DE LA PROPIEDAD RUSTICA.....	344
V.A.1.ESTRUCTURA MUNICIPAL DE LA PROPIEDAD.....	347
V.A.2.RESUMEN, U ORGANIZACION ESPACIAL DE LA PROPIEDAD.....	397
V.B.ESTRUCTURA DE LA EXPLOTACION AGRICOLA.....	407
V.B.1.TAMAÑO,NUMERO Y PARCELACION DE LAS EXPLOTACIONES AGRICOLAS.....	408
V.C.REGIMENES DE TENENCIA DE LA TIERRA.....	418

	<u>Págs.</u>
CAPITULO VI: ESTRUCTURA DE LA PROPIEDAD Y EXPLOTACION GANADERA.....	426
VI.A.LA PROPIEDAD PECUARIA.....	427
VI.B.ORIENTACION ACTUAL DE LA EXPLOTACION GANADERA.....	435
TERCERA PARTE	
COMPONENTES HUMANOS EN EL ESTUDIO DE LA ORGANIZACION DEL PAISAJE AGRARIO	
CAPITULO I: EVOLUCION DEMOGRAFICA.....	445
I.A.POBLACION ABSOLUTA:VARIACIONES TEMPORALES Y ESPACIALES.....	445
I.A.1.DIFERENCIAS MUNICIPALES.....	446
I.B.DINAMICA DEMOGRAFICA INTERNA.....	452
I.C.MOVIMIENTOS MIGRATORIOS.....	458
I.C.1 ETAPAS Y CARACTERISTICAS.....	461
CAPITULO II: ESTADO POBLACIONAL.....	469
II.A.LA POBLACION RURAL:DETERMINACION Y DISTRIBUCION.....	470
II.B.COMPONENTES QUE ORGANIZAN EL POBLAMIENTO RURAL.....	485
CUARTA PARTE	
ANALISIS CUANTITATIVO DEL ESPACIO AGRARIO	
CAPITULO I: ANALISIS Y SINTESIS DE LAS VARIABLES GEOFISICAS.....	497
I.A.MATRIZ DE DATOS.....	497
I.B.MATRIZ DE CORRELACIONES.....	499
I.C.MATRIZ FACTORIAL.....	509
I.C.1.EXPLICACION E INTERPRETACION DE LOS FACTORES A NIVEL DE VARIABLES:ESTUDIO DE LAS ESTRUCTURAS QUE DEFINEN AL SISTEMA.....	509
I.C.2.EXPLICACION E INTERPRETACION DE LOS FACTORES A NIVEL MUNICIPLA:LA TIPIFICACION DEL SISTEMA.....	514
CAPITULO II: ANALISIS Y SINTESIS DE LAS VARIABLES AGROECONOMICAS Y HUMANAS....	520
II.A.MATRIZ DE DATOS.....	520
II.B.MATRIZ DE CORRELACIONES.....	527
II.C.MATRIZ FACTORIAL.....	536
II.C.1.EXPLICACION E INTERPRETACION DE LOS FACTORES A NIVEL DE VARIABLES:LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA.....	536

II.C.2.EXPLICACION E INTERPRETACION DE LOS FACTORES A NIVEL MUNICIPAL:LA TIPI- FICACION DEL SISTEMA.....	543
CAPITULO III: ANALISIS Y SINTESIS SIMULTANEA - DE LAS VARIABLES GEOFISICAS,AGRO ECONOMICAS Y HUMANAS.....	550
III.A.MATRIZ DE DATOS.....	550
III.B.MATRIZ DE CORRELACIONES.....	551
III.C.MATRIZ FACTORIAL.....	560
III.C.1.EXPLICACION E INTERPRETACION DE LOS FACTORES A NIVEL DE VARIABLES:ESTU- DIO DE LAS ESTRUCTURAS.....	560
III.C.2.EXPLICACION E INTERPRETACION DE LOS FACTORES A NIVEL MUNICIPAL:LA TIPI- FICACION DEL SISTEMA.....	565
CONCLUSIONES,SINTESIS Y ESTRATEGIAS DE ACTUA- CION.....	572
BIBLICGRAFIA Y FUENTES BASICAS.....	592
INTRODUCCION.....	593
PRIMERA PARTE.....	596
SEGUNDA PARTE.....	606
TERCERA PARTE.....	619
CUARTA PARTE.....	625
ANEXOS.....	628
ANEXO DE PROGRAMAS DE ESTUDIOS AGROCLIMATI- COS.....	629
ANEXO DE VEGETACION.....	635

INTRODUCCION TEORICA Y METODOLOGICA

I. CONSIDERACIONES PREVIAS.

"La Geografía es una ciencia aplicable..., el geógrafo debe cumplir una función social de producción inmediata: la organización del espacio u ordenación del territorio" (1).

Estas palabras, escritas hace ya cerca de diez años por profesores que fueron del Departamento de Geografía del Colegio Universitario "Santo Reino" de Jaén, iniciaban uno de los escasos estudios geográficos analíticos existentes sobre la problemática espacial de la provincia de Jaén.

Pero poco se ha avanzado en este sentido, y hoy día sigue estando plenamente vigente el análisis de la ordenación territorial tendente a conseguir una más racional distribución de la población y de sus actividades económicas. Esta es una preocupación no sólo de la política estatal y de las diversas Comunidades Autónomas -no todas-, sino también, y sobre todo, de investigadores que constatamos cómo en nuestra Andalucía, con una base económica fundamentalmente agraria y un medio rural que ha sufrido, en las dos últimas décadas una emigración masiva de población produciendo graves desequilibrios de los hombres en relación con los recursos y equipamientos, se hace necesaria, hoy más que nunca, una planificación coherente en este espacio (2).

Así, sabido es que el gran proceso de desarrollo español (industrial y turístico exclusivamente) que comienza en los años 60, no sólo ha provocado una gran transformación de los usos tradicionales del espacio rural y, por ende, de su base económica fundamental: la agraria, sino que también,

(1) ARROYO LOPEZ, E., FRANCO QUIROS, J. y GUARNIDO OLMEDO, V.: 1977 (pág. 12)

(2) Ya el Estatuto de Autonomía de Andalucía en el artículo 5, y las Conclusiones Finales del Plan de Urgencia de Andalucía (P.U.A.), preveía una actuación territorial en este sentido.

y como consecuencia, ha producido cambios en el medio humano, ya que municipios, comarcas, zonas e incluso provincias, han visto incrementadas sus dificultades de progreso, quedando relegadas y en estado de postración en sus actividades socioeconómicas.

Por ello, la problemática que conlleva un área deprimida, como es la provincia de Jaén: tercera en extensión de Andalucía y una de las de mayor potencial ecológico, puede aún sorprender (3):

- Evolución demográfica marcadamente regresiva desde 1930 y, sobre todo, desde 1970 en comparación con la nacional y andaluza, e incluso desde esta última fecha, es de las contadas provincias españolas que ha perdido población.
- Descenso de densidad demográfica, que continúa actualmente bajando, y alto índice de falta de empleo.
- Economía fundamentalmente agraria que presenta una fuerte recesión a nivel general.
- Gran diferencia de la productividad del suelo, y profunda concentración de la productividad agrícola (sólo 16 municipios, de los 96 que integran la provincia, aportan más de la cuarta parte de la renta de la tierra).
- Falta de industrialización y poco potencial de los servicios.

(3) Ver al respecto desde el punto de vista geográfico nuestro trabajo: 1982 (págs. 11-48)

- Grandes desequilibrios en el sistema de asentamientos.
- Clara desigualdad y dependencia intraprovincial en el sistema de conexiones.
- Y toda una situación sectorial económica que una serie de investigadores han puesto ya de manifiesto.

Es esta una situación tan compleja que ha llegado a convertir a este marco territorial, desde el punto de vista de la ordenación del territorio (zona económicamente deprimida, zonas ambientales frágiles, espacios de fuertes desequilibrios sectoriales, zonas de montaña, etc.), en área prioritaria de trabajo. Por ello no podíamos quedar inactivos, puesto que Jaén necesita de trabajos de investigación geográficos con unos planteamientos metodológicos actuales que traten de poner de manifiesto y, por lo tanto, de paliar o frenar los problemas que tiene planteados como una de las provincias que sigue estando más claramente desfavorecida.

Este razonamiento de carácter general, y el hecho ya percibido de la no existencia de un conocimiento científico que correlacione los diferentes componentes del espacio agrario de la provincia de Jaén a partir del cual se pueda establecer un sistema operativo de actuación en el medio rural, es lo que nos ha motivado e inducido a realizar la investigación que presentamos para obtener el grado de doctor.

Ahora bien, ¿por qué en el espacio denominado Campiña Baja y Valle de Andújar? y ¿por qué el estudio de la organización espacial agraria?

La respuesta a la primera pregunta estriba en que,

al ser imposible abarcar en un trabajo como el que presentamos, toda la provincia de Jaén -lo que, aún constituyendo en principio nuestro deseo, debería ser obra de un equipo pluridisciplinar dedicado durante varios años al estudio-, nos hemos visto obligados a seleccionar, a partir de nuestro conocimiento territorial, una zona que reúne las principales y diversas características que definen "a priori" el estado provincial en el sentido que tiene nuestra investigación (4).

Por otro lado, también era importante para nosotros comprobar posibles diferencias espaciales según las distintas variables a estudiar, puesto que la Comarcalización Agraria del Ministerio de Agricultura de 1978 pensamos no responde a unos imperativos, suficientemente contrastados desde el punto de vista geofísico, de utilización del suelo, estructura de la propiedad y explotación, e incluso humano-histórico (5).

Así, la denominación de "Campiña Baja y Valle de Andújar" se ha establecido una vez realizada nuestra investigación y, por lo tanto, a partir del análisis de los componentes estudiados y del estudio cuantitativo realizado, tal como se razona a lo largo del texto y se expone en las Conclusiones.

(4) La diversidad geográfica provincial, motivadora, en líneas generales, de tres grandes paisajes agrarios: serrano, de campiña y valle, desde luego que tienen su representación en la zona elegida.

(5) Se ha constatado por el análisis del territorio en diversas fases de la prehistoria y protohistoria (edad del cobre en fase de la cultura ibérica), que el poblamiento que cubrió la campiña de Jaén mostraba diferencias significativas entre dos zonas: Campiña Alta y Baja, tal como han puesto de manifiesto: RUIZ RODRIGUEZ y MOLINOS MOLINOS (1984), así como NOCETE CALVO (1984).

Hemos partido, pues, de esta diferenciación ya percibida desde la antigüedad, mejor que de la división por Comarcas Homogéneas establecida por el Ministerio de Agricultura, que es bastante válida para los fines que persigue e incluso como punto de referencia para una comarcalización a nivel andaluz (PEZZI CERETTO: 1982).

De esta manera, y a través de nuestro estudio, podíamos tratar de comprobar si actualmente seguía existiendo una diferencia entre Campiña Baja y Alta, y respecto al Valle, en base al análisis de los componentes geofísicos y agro-económico-humanos.

Esta es, claro está, la hipótesis inicial de nuestra investigación.

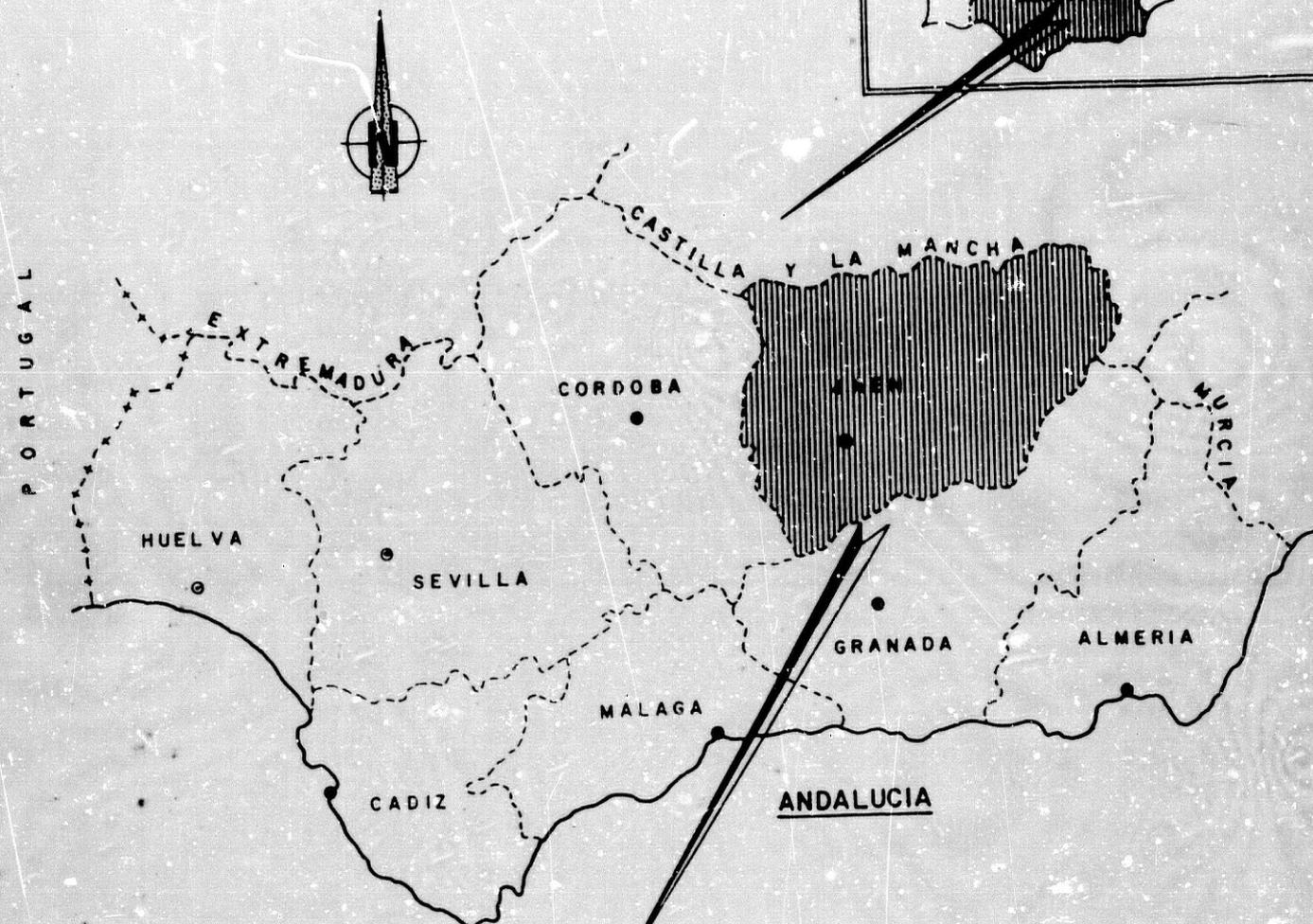
De esta manera, "La Campiña Baja y el Valle de Andújar" (Gráfico In-1: Mapa de situación) se constituye en una zona experimental o de investigación, en donde desarrollar una serie de objetivos generales y otros específicos que nuestro estudio pretende cubrir a partir de una metodología adecuada.

En relación a la segunda pregunta y a esto último, esta investigación se ha planteado desde las coordenadas de un estudio del espacio agrario por varias causas. En primer lugar, por la oportunidad de establecer una concordancia entre la temática de la propia investigación y la realidad geográfica del espacio estudiado que, fisionómicamente, se caracteriza por el grado de exclusividad que tienen en él los paisajes agrarios y, a nivel económico, por el predominio del sector agropecuario sobre los restantes. Y, en segundo lugar, el contenido y enfoque de este estudio hacia el tema agrario, es consecuencia de la formulación inicial de unos objetivos que, de un modo concreto, pretende el conocimiento de un espacio agrario tratando de descubrir la influencia y el sentido de actuación, de forma temática pero también interrelacionada, de los componentes geofísicos o de orden ecológico y los de orden agroeconómico-humano.

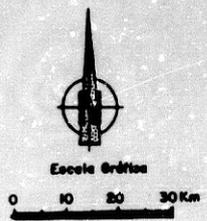
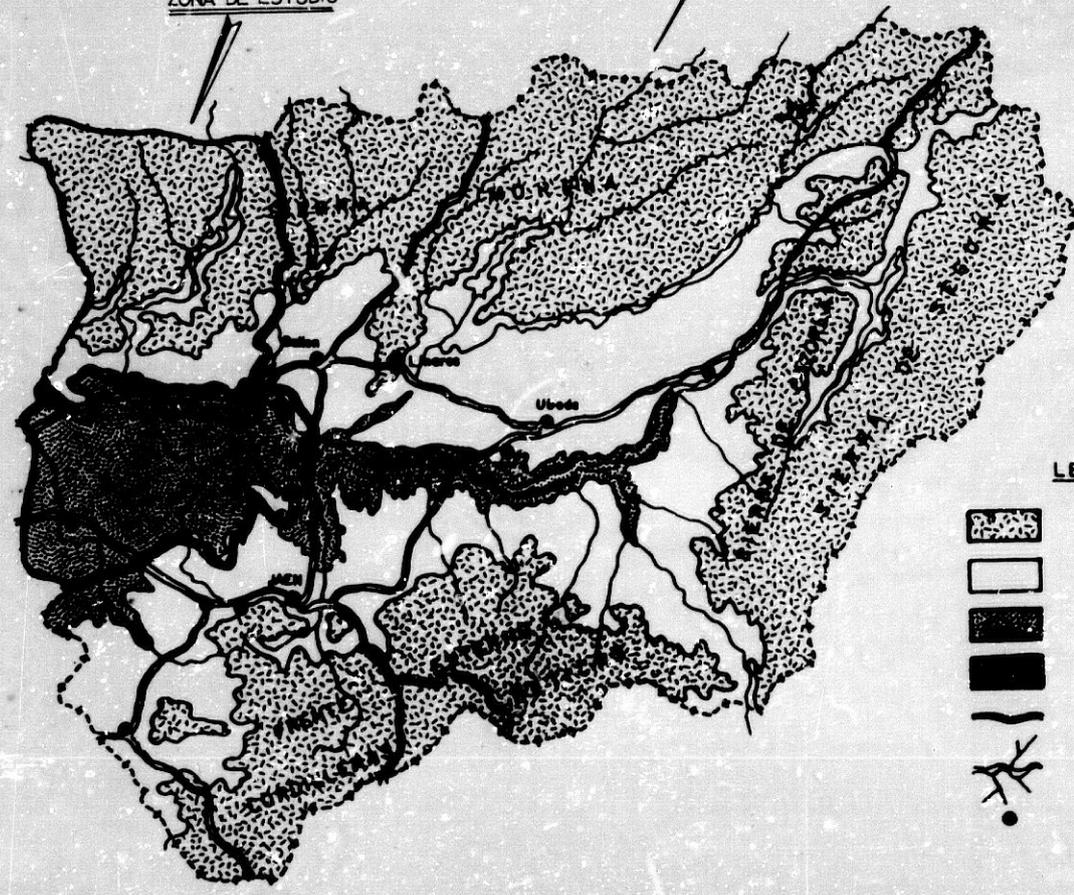
De esta manera, el hecho de analizar en principio los aspectos geofísicos, para posteriormente analizar los de utilización y aprovechamiento agrario del suelo, no es más que un primer paso, importante e imprescindible desde luego, que nos sirve de soporte para el estudio de los factores agroeconómicos y humanos, abarcando así la totalidad de la organización espacial agraria de la zona considerada.

Y es que, como señala J.R. DÍAZ ALVAREZ (1981, pág. 2): "la problemática que conlleva un área deprimida, no sólo afecta a la naturaleza económica del disfrute de los bienes capitalizados (que son pocos), sino que se agrava por la supuesta infrutilización de las posibilidades naturales,

GRAFICO I n-1: MAPA DE SITUACION



ZONA DE ESTUDIO



LEYENDA

-  SIERRAS (> 600 m altitud)
-  DEPRESION CENTRAL: CAMPIÑA ALTA (> 400 m altitud)
-  DEPRESION CENTRAL: CAMPIÑA BAJA (> 200 m altitud)
-  DEPRESION CENTRAL: VEGAS (< 200 m altitud)
-  CARRETERAS
-  RIOS
-  NUCLEOS DE POBLACION

y se potencia por agravio comparativo con las áreas, ya circundantes, ya alejadas, dentro de los confines de un Estado".

Sin embargo, no nos detendremos aquí pues, si queremos conocer la utilización que se hace de esas posibilidades naturales en cuanto a aprovechamientos agrarios, debemos de tener en cuenta otra serie de componentes de suma importancia: estructura de la propiedad y explotación, regímenes de tenencia, todo ello en relación al principal agente transformador de la actividad agraria: el hombre.

Con todo esto, en definitiva, lo que pretendemos es una tentativa de ofrecer un análisis para el mejoramiento agrario de un área dentro del conjunto provincial, que estamos seguros tiene unas mayores perspectivas de explotación de sus recursos y organización de su sistema.

Con todo este planteamiento, el fin o efecto último que buscamos en la investigación es que, a partir de un conocimiento de la zona, se pueden potenciar las posibilidades del sector agrario y, de esta manera, la realidad cualitativa y cuantitativa de los habitantes que viven de estas tierras.

II. METODOLOGIA Y FUENTES.

Tratamos de presentar un estudio que deberá expresar los elementos o factores componentes de la fenomenología geográfica en el aspecto geofísico, agroeconómico y humano; y, en atención a tales propósitos, la organización del espacio agrario es algo fundamental.

Sin embargo, como el conocimiento espacial es demasiado complejo, nos hemos visto obligado a la comparación cualitativa y cuantitativa para que los

resultados finales nos ofrezcan, como producto, una ordenación y valoración de las áreas geográficas en cuanto a sus posibilidades agrarias, a partir de los elementos constituyentes analizados.

Los fines a perseguir son los primeros para el conocimiento del investigador; su significación y delimitación contribuye a facilitar la elaboración, comprensión y elección del procedimiento. Y esto referido no sólo al fin fundamental del trabajo, sino también a los intermedios. Todo esto se establece en esta parte introductoria.

Ahora bien, ¿qué pretende la metodología?: buscar las informaciones primarias, analizar y criticar las fuentes; presentar unidades y subunidades de elaboración; estudiar variables y agruparlas. Contenidos que se muestran en los apartados II.A y II.B.

El resultado de toda esta información nos debe llevar a su interpretación, cuya concreción se efectúa en el apartado III.

II.A. GENERALIDADES METODOLOGICAS.

En nuestro proceso de investigación, el análisis de las partes, y su orden de exposición, obedece a un principio lógico de conocimiento del espacio en que nos desenvolvemos.

En una Primera Parte, y mediante los estudios que efectuamos en los Capítulos I y II, se realiza el examen de los componentes geofísicos, básico y anterior a cualquier otro, para poder explicar y proveernos de las claves explicativas del uso o utilización del suelo agrario.

El término de "componentes" está tomado de BERTIN (1967, pág. 431), y lo hemos sacado de su inicial acepción semiológica para darle un contenido más amplio y por su

idoneidad en el análisis geográfico. De esta manera, la dualidad de elementos-factores (geofísicos, agroeconómicos y humanos) queda asumida en el término componente, el cual tiene una acepción amplia y nos permite, no sólo detentar los elementos en sí, sino captar su significación en el contexto de la zona a investigar.

Se ha tratado así de descomponer la realidad geográfica en una serie de sistemas simplificados que hacen mención a los factores físicos, geológicos, orográficos, climatológicos, etc., interpretándolos y haciendo una valoración de los mismos desde el punto de vista agrario.

Este primer aspecto responde, por tanto, a la necesidad de conocer los componentes del medio físico o natural y su sentido de actuación, como paso indispensable para el análisis de los componentes agroeconómicos.

Por ello, en la Segunda Parte se aborda de lleno el estudio de los elementos de utilización o aprovechamiento del suelo, en cuanto componentes formales del mismo: cultivos (Capítulo I) y ganadería (Capítulo II); así como el examen de la vegetación (Capítulo III), como información complementaria a ese uso del suelo; el proceso de mecanización (Capítulo IV), en cuanto que es sumamente explicativo de los cambios operados en las formas de ocupación y utilización del espacio agrario; y, por último, también se estudia algo tan importante como la estructura de las propiedades y explotaciones agrarias, además de los regímenes de tenencia (Capítulos V y VI).

En una Tercera Parte de la investigación se acomete el análisis poblacional desde una perspectiva histórica pero al mismo tiempo actual, y siempre en relación a sus posibilidades de desarrollo en función de las realidades físicas y agroeconómicas del espacio contemplado.

La exposición formal de la Cuarta Parte tiene de igual modo una justificación lógica, cual es la de agrupar y procesar informáticamente las variables más importantes surgidas a partir de los componentes agrarios analizados, con el fin de aprehender esta compleja realidad geográfica y sus probables formas de organización.

Finalmente, estarán las Conclusiones y Síntesis interpretativa del desarrollo seguido, para, a partir de ahí matizar diferencias espaciales en virtud de los componentes investigados, vislumbrando asimismo una serie de estrategias o actuaciones posibles dirigidas a un mayor desarrollo y mejor ordenación del espacio agrario, que puedan ser asumidas por la política territorial de los diversos entes de gobierno, e incluso, a ser posible, privados. En virtud de esta metodología seguida, por último, estaremos en condiciones de señalar limitaciones surgidas de su aplicación.

II.A.1. CLASIFICACION Y VALORACION

Una de nuestras finalidades es la de clasificar el espacio de la Campiña Baja y Valle de Andújar en función de los componentes investigados. Clasificar, como se sabe, es poner en orden un conjunto de datos, y este orden se puede alcanzar desde puntos de vista muy diferentes, de ahí que sea necesario fijar criterios que estén en concordancia con los objetivos perseguidos.

Pero no clasificamos por clasificar, sino para conocer las diferentes características de un espacio específico, hacer así una valoración y poder asignar las necesidades de una reordenación de su utilización.

Los criterios de clasificación pueden estar basados en:

- La similitud: se agrupan los elementos sobre la base de la semejanza. Este es un criterio que adoptamos a lo largo de la exposición, y sobre todo en las conclusiones.
- Las relaciones: se establecen las conexiones que las diversas unidades o elementos geográficos tienen entre sí: Esto se consigue de forma cualitativa o cuantitativa como, por ejemplo, en este último caso mediante el coeficiente de correlación existente entre las distintas variables. Este criterio de clasificación lo utilizamos en la manera que ha sido posible.

El primer principio (la similitud), se basa en las formas, que no son otra cosa que el trazado exterior de una organización; mientras que el segundo (las relaciones), se fundamenta en la estructura que indica las relaciones internas existentes entre los fenómenos geográficos. En la vinculación forma-estructura se encuentra el hecho tangible de la realidad geográfica.

El geógrafo que potencia la presencia de las relaciones es denominado por RACINE et REYMOND (1973, págs. 47-51) "funcionalista", mientras que al que se preocupa más por las formas se le considera "paisajista". Sin embargo, como nosotros pensamos que siguen siendo válidas las ideas de VIDAL DE LA BLANCHE (1922, págs. 5 y ss.), en el sentido de señalar que la tierra debe ser concebida como un todo en el que las partes están coordinadas y en el que los fenómenos se encadenan obedeciendo a leyes generales de las que derivan los casos particulares, hemos adoptado ese doble criterio de clasificación al mismo tiempo y en la medida en que ha sido posible. De ahí la simulación matemática para determinar mejor la fenomenología geográfica, en nuestro caso agraria.

La abstracción básica de este criterio de elaboración, sobre todo del funcional, se hace bastante representativa mediante la ilustración, que es un instrumento utilizado a lo largo de todo el trabajo. Asimismo la cuantificación de los fenómenos, materializada en los cuadros, ha sido un hecho imprescindible para la interpretación y para poder elaborar esos gráficos que explican su funcionalidad.

II.A.2. NIVEL ESPACIAL DE LA INFORMACION

Los caracteres de los distintos componentes o elementos pueden ser divididos en: cuantitativos y cualitativos. Los primeros, también denominados variables, son los que se describen mediante números; la observación produce diferentes valores que ésta toma. Los segundos, o caracteres cualitativos, se denominan atributos, y se describen mediante palabras, que admiten formas de presentación llamadas modalidades.

La información proporcionada por las variables puede ser susceptible de tratamiento matemático, mientras que la ofrecida por los atributos podría ser manejada cibernéticamente.

En nuestro caso, preferimos trabajar con variables y utilizaremos los atributos para explicar las conclusiones a que se llegue. No obstante, al desenvolverse nuestra investigación en el espacio, que es una variable, y darse en él un gran número de atributos, a veces se hace necesaria la utilización de los mismos como si se tratara de variables.

Surgen, de todas maneras, varios problemas de partida:

- a) El de la información espacial. Ante él se plantea la interrogante de a qué nivel unitario

de observación trabajar. Caben varias opciones de definición:

- Nivel geográfico: se refiere a espacios bien definidos por sus características físicas, poblacionales, etc.
- Nivel geométrico: distribuiría toda la superficie de estudio en un número determinado de polígonos, de superficies iguales entre sí y significativamente menores que la media zonal.
- Nivel administrativo: basado en la delimitación oficial del área de estudio; es decir, los municipios.

Sopesadas las ventajas e inconvenientes de cada uno de estos niveles, hemos elegido este último, en función de la mayor y única facilidad para reunir la información, y porque ofrece una mayor eficacia aplicativa de nuestras conclusiones.

Además, y en cualquier caso, la información así obtenida (nivel municipal) y sintetizada a través de una serie de variables y/o atributos permite abordar su clasificación u ordenación, basada geográficamente en el concepto de regionalización, concretamente en una clase específica de ésta: la comarcalización.

- b) La naturaleza de las variables definidoras del paisaje. Deberán ser analizadas sincrónicamente, pues existen interconexiones entre ellas que son denunciadas por su estructura y que determinan una personalidad geográfica.

En este caso, no ha existido ninguna dificultad, puesto que podemos presentar la incidencia que las variables físicas, agroeconómicas y humanas tienen sobre nuestro espacio agrario una vez que, realizado su estudio por separado, conozcamos la importancia de cada una, pudiendo elegir las más adecuadas para saber sus actuaciones sobre el espacio.

c) La ordenación de las variables en el espacio. Se consigue asociando, a cada unidad espacial considerada como una observación, un valor de la variable representada. Se obtiene así una matriz de información donde están reflejados los valores que toman cada una de las variables en un municipio determinado.

Ahora bien, como se maneja una cantidad importante de variables en cada observación, aunque estas últimas no sean numerosas, la matriz de información puede resultar tan grande que resulte conceptualmente inabarcable. En este caso, estadísticamente existe el reagrupamiento que, haciendo perder información, simplifica el trabajo científico de interpretación. Este objetivo se consigue mediante el análisis factorial que nos proporcionará una síntesis de todas las observaciones de conjunto, su clasificación y ordenación.

II.B. LAS FUENTES DE INFORMACION.

En cualquier metodología, los datos básicos de información son imprescindibles. Estos datos (variables o atributos), que pueden poseer, como hemos visto, un valor cuantitativo o cualitativo, se asocian al espacio, que es el que le da su valor.

Así, lógicamente, a mayor información, mayor fidelidad en la representación de la realidad. Pero la información totalmente significativa es, aunque deseada, difícil de alcanzar, por lo que debemos de buscarla en las distintas fuentes, ya sean públicas, oficiales o privadas, si bien, una vez recogidas, se debe proceder, al mismo tiempo, a un análisis crítico y a su contraste con la realidad geográfica, a través de la observación directa.

Por todo ello, y teniendo en cuenta que, de acuerdo con la naturaleza de los datos, las fuentes de información pueden ser cualitativas y cuantitativas, seguidamente especificamos las que nosotros hemos utilizado a lo largo de la investigación.

II.B.1. FUENTES PUBLICAS

Son una base fundamental en nuestra observación, ya que su conocimiento y utilización no presenta grandes inconvenientes al estar al alcance de cualquier investigador, al mismo tiempo que tienen un carácter de divulgación. De cualquier forma, y en algunos casos, según el análisis que hemos querido efectuar, han presentado limitaciones que exponemos en el apartado correspondiente de manera específica.

Diferenciamos dentro de estas fuentes:

a. CUALITATIVAS.

Son las que a pesar de no ofrecer valores o posibilidades de conocer la magnitud de las variables, sin embargo inciden en los caminos que nos permiten llegar a conocerlas, o muestran las modalidades que adoptan los atributos que explican el hecho geográfico.

De entre estas fuentes, debemos destacar fundamentalmente:

- Toda la bibliografía que ofrecemos a lo largo del trabajo, unas veces a través de notas, otras incorporada al mismo texto, pero en todo caso expuesta al final de manera específica para cada parte y capítulo. A veces su utilidad ha sido de tipo metodológico; en otros casos nos ha ofrecido una visión histórica de algún fenómeno estudiado; y, en ocasiones, ha servido para corroborar o reconsiderar situaciones de nuestra investigación que habíamos interpretado personalmente fundamentadas en nuestra información.

- La cartografía publicada sobre nuestra zona de estudio, que puede ser considerada cualitativamente y desde una visión descriptiva, pero que en buena medida también tiene un carácter cuantitativo y explicativo. La cartografía básica utilizada ha sido:
 - Mapa Militar de España a escala 1:400.000, Hoja Nº 3-5 (Jaén), del Servicio Geográfico del Ejército, publicado en 1972.
 - Mapa Militar de España a escala 1:200.000, del Servicio Geográfico del Ejército, publicado en 1967, Hojas nos. 5-9 y 5-10.
 - Mapa Militar de España a escala 1:200.000, Hojas nos. 9-17, 9-18, 9-19, 10-17, 10-18 y 10-19 que corresponden a nuestra área de estudio, y publicados en 1975.
 - Mapa Militar de España a escala 1:50.000, del Servicio Geográfico del Ejército, Hojas nos. para nuestra zona: 860, 861, 862, 863, 882, 883, 884, 903, 904, 905, 924, 925 y 926.
 - Mapas Geológicos publicados por el Instituto Geológico y Minero de España (Ministerio de Agricultura), a escalas 1:1.000.000 (Península Ibérica y Baleares), 1:200.000 (Hoja de

Linares), y 1:50.000 concretamente los números que están en relación a nuestra zona: 882, 884, 903, 924, y 94.

- Mapa Hidráulico de Andalucía, a escala 1:400.000, publicado por el Instituto Geográfico Nacional en 1982.
- Mapa de Cultivos y Aprovechamientos, a escala 1:50.000 del Ministerio de Agricultura (Dirección General de Producción Agraria), publicado en 1976, cuyos números de hojas que abarcan la zona son: 882, 883, 884, 903, 904, 905, 925, 926 y 946.

Cartografía que tiene la virtud de representar en unos casos la totalidad de la provincia de Jaén e incluso zonas próximas a la misma, y en otros la zona investigada (no siempre por completo), pero que en todo caso ha sido una fuente de información imprescindible para nuestro trabajo.

- Las Fotografías Aéreas, que nos han dado una confirmación concluyente de la información contenida en la cartografía. Hemos usado las siguientes:

- Fotografías aéreas de la provincia de Jaén a escala aproximada 1:33.000, pertenecientes al Servicio Geográfico del Ejército y que son del "vuelo americano" de 1956, estando en posesión de la Sección de Geografía en el Colegio Universitario "Santo Reino" de Jaén (Universidad de Granada).
- Fotografías aéreas correspondientes a la zona de estudio (no en su totalidad), del Ministerio de Hacienda (Dirección General de Inspección Tributaria. Sección de Planimetría

y Fotografía Aérea), a escala 1:15.000, y realizadas en 1977.

- Las obras y consejos de distintos compañeros desde el punto de vista de la información metodológica, bibliográfica y cuantitativa que han contribuido en muy buena medida a nuestra formación y al desarrollo del propio trabajo de investigación. Especial mención a los Dres. Villegas, Ortega, Rodríguez y Compañ del Departamento de Geografía Física-Análisis Geográfico Regional de la Universidad de Granada; Dr. Aguilar del Departamento de Edafología de la misma Universidad; Dr. Bosque Sendra de la Universidad Complutense de Madrid; Dr. Gurría de la Universidad de Extremadura; al Dr. Díaz Álvarez; así como al Dr. Ruiz Ortiz y al Prof. Molina Cámara de la Sección de Geología del Colegio Universitario "Santo Reino" de Jaén (Universidad de Granada), además de al Dr. Fernández López y al Prof. Piñar González de las Secciones de Botánica y Matemáticas de este mismo Centro.

b. CUANTITATIVAS.

Dentro de esta información hacemos referencia a la pública, emanada de organismos autónomos dependientes de la administración del Estado o bien de la Autonómica; entre ella destacamos:

- La suministrada por el Servicio Meteorológico Nacional, Sección de Climatología, en Sevilla: datos climatológicos de las estaciones ubicadas en la zona; así como por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Comisaría de Aguas (también en Sevilla), y cuyos datos climatológicos nos han sido de gran valor por ser una fuente de información primaria, al mismo tiempo que los concernientes a hidrología.

Información estadística que hemos podido confeccionar gracias al personal de estos servicios, así como al conocimiento y ayuda profesional de nuestro compañero Prof. Piñar.

- La facilitada, y recopilada por nosotros mismos, es:

- La Delegación Provincial del Ministerio de Agricultura en Jaén (Sección de Estadística y Coordinación), principalmente: Censos Canadéros de 1962 y 1983; Cuestionarios Municipales de Superficies ocupadas por Cultivos Agrícolas de 1969 y 1983, para cada uno de los 13 municipios integrantes de la zona (Gráfico In-2: Mapa Corográfico); Censos Municipales de Maquinaria en Uso: 1960 y 1983; y Listado Mecanizado del Censo de Maquinaria Agrícola, 1983.

- La Delegación Provincial del Instituto Nacional de Estadística en Jaén, a través de: Anuarios Estadísticos, Censos Agrarios de 1962, 1972 y 1982; Censos de Población; Encuestas de Población Activa; etc.

- La cedida por:

- El Ministerio de Hacienda (Centro de Proceso de Datos) en Madrid: Listado Mecanizado del Catastro de la Propiedad Rústica, Jaén, 1984, cuyo tratamiento informático realizado en el Centro de Cálculo de la Universidad Complutense de Madrid, no hubiese sido posible sin el cualificado asesoramiento técnico y material del Dr. Bosque Sendra.

- La cedida por la Excma. Diputación Provincial de Jaén: Listado Mecanizado de los Padrones Municipales de Habitantes referidos a marzo de 1983 (rectificados) y a los municipios que consideramos.
- Información ofrecida por el Instituto Geológico y Minero de España en su delegación de Granada, concretamente el "Proyecto de Investigación Hidrológica de los sistema acuíferos en la región Pasadas-Bailén-Ubeda: INGEMISA, 1983-1984".

II.B.2. FUENTES DE INFORMACION PRIVADA.

Ya sean de carácter cualitativo o cuantitativo, indistintamente, esta información es un apartado siempre plagado de agradecimientos. Prácticamente, en la mayoría de los casos, la finalidad de esta información ha sido la de facilitar nuestra intención científica, y por ello su utilización y elaboración la debemos a la disposición de una serie de investigadores que nos han cedido el producto de su tiempo y de sus trabajos antes de su publicación. En nuestro caso, esta importantísima ayuda nos han sido de gran valor por ser ésta, la ciencia geográfica, interdisciplinaria y al mismo tiempo semiexperimental.

Así, las fuentes privadas utilizadas han sido, sobre todo:

- La investigación edafológica que, en relación al área, ha realizado el equipo que dirige el Dr. Aguilar (Departamento de Edafología de la Universidad de Granada.).
- El conocimiento geológico de la zona, del Dr. Ruiz Ortiz y Prof. Molina Cámara. Nos hemos beneficiado de sus investigaciones, algunas

incluso inéditas, y nos han posibilitado la confección del apartado correspondiente.

- Las orientaciones, ideas, datos y correcciones del Dr. Fernández López en cuanto a la vegetación, imprescindible asimismo para la realización de este apartado.
- Las sugerencias en cuanto a la diferenciación espacial de poblamientos en la edad prehistórica y protohistórica en la zona, dadas por el Dr. Ruiz Rodríguez, del Departamento de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada.
- La supervisión del apartado geomorfológico por el Dr. Ortega Alba, del climatológico por parte del Dr. Rodríguez Martínez, y del análisis cuantitativo por los Dres. Besque Sendra y Gurría Gascón.
- Las sugerencias por parte de determinados funcionarios de los organismos en que hemos consultado, todas ellas significativas y explicativas para poder entender y elaborar diferentes cuadros y gráficos requeridos en la investigación.
- La disposición y actitud asumida en nuestras entrevistas por numerosos campesinos y otras personas con las que ineludiblemente teníamos que contactar.
- Finalmente, la fuente principal de la que parte la estructuración, formación, orientación, supervisión y ordenación de este trabajo es debida al Prof. Dr. D. Francisco Villegas Molina. Sin ella, hubiésemos pasado desapercibidos errores metodológicos que nuestra formación investigadora aún no nos hubiese permitido detectar. La suya,

ha sido una labor de dirección, de asesoramiento, y de apoyo dignas de resaltar y agradecer.

II.B.3. INFORMACION PERSONAL.

Se debe al fruto de cuantas observaciones y comprobaciones han sido efectuadas por nosotros con carácter individual, y comprende tanto la información cualitativa y cuantitativa, producto de nuestro contacto directo con la realidad espacial geográfica, así como otra que de manera diversa se ha recogido. Muchas de estas informaciones no han sido directamente procesadas en nuestro trabajo, pero han significado un aporte adicional al adentrarse en el conocimiento de la problemática agraria que investigamos.

En función de la cadencia en que se han utilizado los datos, esta información personal se puede considerar como:

- Inmediata: obtenida a lo largo de nuestras salidas al campo, compartidas con nuestra profesión geográfica docente en la Universidad.

Información que ha servido para reconocer tipos y caracteres de los elementos o componentes estudiados, en los que se basan nuestras generalizaciones y explicaciones, cuya expresión se materializa en los numerosos cuadros y gráficos del trabajo, así como en el análisis que el mismo comporta.

- Elaborada: que ha sido muy amplia y diversificada en base a los datos recogidos de cualquiera de las fuentes de información reseñadas, y que ha servido para realizar desde nuestra metodología y cartografía (prácticamente en su totalidad inédita) hasta las conclusiones, síntesis y estrategias de actuación que se emiten.

III. CONCLUSIONES, SINTESIS Y ESTRATEGIAS DE ACTUACION

Hemos visto en los apartados I y II cuáles eran nuestras pretensiones de investigación y por qué, al mismo tiempo que se ha indicado la metodología y las fuentes de información (cualitativas y cuantitativas) que nos ayudan a expresar la objetividad a alcanzar. Se hace necesario, pues, exponer al final toda esta compleja realidad espacial a través de un último apartado, que lo planteamos bajo el título de Conclusiones, Síntesis y Estrategias de actuación, en donde se señalan los principales caracteres de cada uno de los apartados o capítulos que constituyen el trabajo, para en último término intentar aprehender el espacio geográfico que se ha investigado, para indicar sus rasgos definidores (modelo o modelos territoriales) y, a partir de los mismos, poder ofrecer una serie de juicios prácticos en materia de ordenación agraria.

Por último señalar que una de las finalidades primordiales que presenta esta investigación, es la de marcar unas directrices para el encauzamiento de futuros estudios a realizar a corto o medio plazo, sirviendo así de soporte a otros trabajos que puedan surgir en relación a la provincia de Jaén, que contemplen la ordenación rural desde una perspectiva integradora y dinámica.

PRIMERA PARTE

COMPONENTES GEOFISICOS EN EL ESTUDIO
DE LA ORGANIZACION DEL ESPACIO AGRARIO

En la complejidad que constituye el espacio geográfico, el paisaje natural o el medio físico, tiene un importante papel, por cuanto es el soporte material de cualquier actividad humana, fundamentalmente de las labores agrarias, ya que éstas se desarrollan en su superficie o la hacen posible. En este caso la litología, topografía, suelos, clima e hidrología son elementos que condicionan e incluso pueden llegar a crear dependencia del hombre respecto al medio natural y, por lo tanto, permiten mayores o menores posibilidades económicas.

Se comprende así el que esta primera parte tenga una gran significación, máxime cuando la enfocamos analizando interrelacionadamente aquellos aspectos o variables que explican o intervienen directamente en el espacio geográfico, concretamente en el agrario, intentando así romper con una cierta visión estática de la realidad física, al mismo tiempo que exponemos las bases en que se sustenta la utilización del suelo con fines agrarios.

A pesar de todo, estamos de acuerdo en que este método tiene relación con cualquier estudio regional o clásico, por cuanto cada capítulo se constituye en un estudio parcial y adquiere una forma expositivo-explicativa del soporte físico mediante un análisis cualitativo. Sin embargo esto se intenta superar mediante un tratamiento cuantitativo de la información, siempre que sea posible, cuya utilización nos ayudará a constatar la veracidad de una información, la expresividad de una síntesis, o el reconocimiento o no de unas hipótesis. La introducción, pues, de este método deductivo habría que considerarla, en cierto modo, como una novedad en un estudio de este tipo.

Metodológicamente, y para una mejor exposición, esta primera parte se estructura en dos grandes capítulos: Estructura, Morfología y Suelos en relación con la aptitud agraria, y Valoración Agroclimática e Hídrica.

CAPITULO I

ESTRUCTURA, MORFOLOGIA Y SUELOS EN RELACION CON LA APTITUD AGRARIA.

I.A. LAS GRANDES UNIDADES ESTRUCTURALES.

Debido a la situación y, al mismo tiempo, a la extensión que ocupa la zona estudiada: Campiña Baja y Valle de Andújar (Provincia de Jaén), en ésta tienen representación tres grandes unidades estructurales: Macizo Ibérico o Macizo Hespérico (al Norte), Triásico del Borde de la Meseta o Cobertera Mesozóica de la Meseta (en el Centro), y Depresión o Valle del Guadalquivir (en el Centro y Sur).

Se dan cita, pues, dos de los tres grandes dominios paisajísticos andaluces: el septentrional meseteño y el gran Valle del Guadalquivir o Depresión Central. Sin embargo, por el sur, la zona se abre, topográfica y litológicamente, a la Andalucía Alpina o de las Cordilleras Béticas aunque sin penetrar en ellas.

El grado de individualidad de estos conjuntos es perfectamente perceptible (ver Mapa del "Esquema Geológico Regional". Gráfico I-EMS-1). Así, los terrenos paleozóicos, en este caso deformados por la orogenia hercínica, que constituyen la unidad estructural denominada Macizo Ibérico o Hespérico, están bien definidos en la mitad norte, en donde encontramos, con una disposición NW-SE y en pleno centro, un gran enclave endógeno: el Batolito de Los Pedroches, separando las zonas Centroibérica y de Ossa-Morena, de ahí el que CARANDELL lo definiese como "una úlcera en el paleozóico" (1).

Al pié del Macizo Ibérico o Hespérico y de forma desigual

(1) Citado por CABANAS PAREJA, R. (1968); pág. 146.

aparecen, a modo de cobertera, terrenos sedimentarios del Triás, conformando la unidad estructural denominada Triásico del Borde de la Meseta o Cobertera Mesozóica de la Meseta.

En la mitad sur, materiales terciarios y cuaternarios constituyen la unidad del Valle del Guadalquivir. Unos son autóctonos (Valle de Andújar y Campiña Baja propiamente dicha), y otros alóctonos (Campiña Alta), separados ambos por un límite a simple vista altitudinal.

Estas tres grandes unidades estructurales se identifican geomorfológicamente de norte a sur con:

- Un área: Sierra Morena, fuertemente accidentada como resultado de un pasado geológico, en donde se han dado cita deformaciones tectónicas principalmente de la orogenia herciniana, que han provocado fuertes plegamientos y fallas, así como deformaciones de la orogenia alpina, que en mucha menor escala han conllevado fracturas, fallas, líneas de flexura pronunciadas, bloques tectónicos escalonados y, en consecuencia, individualización de pequeñas serranías y desarrollo de profundos valles.

Zona delimitada por nosotros en cuanto a la pobreza de sus materiales, valor normalmente alto de las pendientes, relieves pronunciados y altitud, cuyo resultado es su difícil dedicación agraria.

- Una forma casi plana típica: un valle aluvial, al que denominamos Valle de Andújar, por donde corre el río Guadalquivir formando grandes meandros libres. En él, sobre todo en su margen derecho e izquierdo, se pueden diferenciar varios niveles de terrazas que enlazan con glaciares de erosión de diferente magnitud.

Es ésta un área de gran interés pues, al margen de otras consideraciones físicas (geológicas, edáficas o hídricas),

es la de mayor potencial agrario y, por lo tanto, de asentamiento poblacional (tierras de Villanueva de la Reina, Andújar, Marmolejo) de nuestra zona de estudio e incluso, posiblemente, de la provincia de Jaén.

- Zona de lomas suaves, onduladas, cerros de cima plana y valles interiores, que dan la fisionomía típica a la Campiña Baja (2). Encontramos aquí materiales en su mayoría del Mioceno Superior, salvo los del Cuaternario en los pequeños valles de los arroyos (Salado de Porcuna, Salado de Los Villares o Arjona, y en torno a Lopera), terrazas pliocuaternarias y colinas del Trías que forman la cuerda montañosa que va desde Mengíbar hacia el oeste, dispuestas suavemente de norte a sur, hasta Porcuna, con una altitud más o menos uniforme en torno a los 400 metros.

Area geomorfológicamente poco complicada: pliegues muy suaves monocinales hacia el norte, diapiros, estructura de superficie no muy abarrancada pero con amplias vallonadas y niveles de aterrazamiento individualizados en los arroyos, en donde sobresalen esos cerros testigo, ya señalados, que sirven de límite sur y este a la Campiña. Por el contrario, hacia el sur existe una mayor abundancia de materiales triásicos que se encuentran muy replegados y asociados con materiales del Mioceno.

Toda esta zona tiene una importancia primordial en nuestro estudio. En principio por querer establecer su delimitación geomorfológica de una manera clara y, sobre todo, porque es representativa del estado y problemática agrícola en que está inmersa la Campiña de la provincia de Jaén.

El análisis diferencial de las tres grandes unidades y subunidades que las integran, atendiendo a su litología,

(2) HIGUERAS ARNAL, A. en su Tesis Doctoral (1961) págs. 29-30 la denomina Campiña Inferior, mientras que a la Campiña Alta, al sur de aquella, le llama Superior.

estructura, evolución geomorfológica y formas del relieve, lo presentamos en los apartados siguientes, cuya síntesis tiene una plasmación fisiográfica en el "Mapa Geológico Esquemático". Gráfico I-EMS-2.

I.A.1. DESCRIPCION LITOLOGICA Y ESTRUCTURAL.

a. MACIZO IBERICO O MACIZO HESPERICO.

Esta unidad ocupa aproximadamente poco más del 50% de la superficie estudiada y se sitúa en la parte septentrional. La terminología que hemos aceptado aquí, esencialmente en cuanto a las diferentes denominaciones de las zonas o subunidades estructurales que aparecen, y por lo tanto con un sentido geológico, son las establecidas por LOTZE en 1945, aunque con ciertas modificaciones de JULIVERT y FONTBOTE en 1974.

Hecha esta apreciación, diremos que el denominado Macizo Ibérico o Macizo Hespérico no es más que un segmento con dicho nombre de la cordillera herciniana, que aflora con gran extensión en la mitad occidental de nuestra península y, concretamente, ocupa casi todo el norte de Andalucía; por lo tanto de la Provincia de Jaén y de nuestra zona de estudio, conociéndose geográficamente por Sierra Morena.

El Macizo Ibérico o Hespérico se divide en cierto número de zonas atendiendo a diferencias en los aspectos paleogeográfico, estructural, de metamorfismo, magmatismo y metalogenia. El nombre de las zonas nos indica dónde se sitúan: Zona Cantábrica, Zona Asturoccidental-Leonesa, Zona Centroibérica, Zona de Ossa-Morena y Zona Subportuguesa, todas tienen en común el que corresponden a unidades alargadas paralelamente a la dirección de las estructuras hercinianas (NW-SE) y que presentan una simetría bilateral.

Aceptada esta generalización, ya podemos señalar que

en nuestra área se diferencian claramente tres zonas:

- Zona Centroibérica al norte.
- Zona de Ossa-Morena al sur.
- El Batolito de Los Pedroches, que separa a las dos anteriores.

Son terrenos paleozóicos deformados por la orogenia herciniana, y en donde ha existido una fuerte actividad magmática.

a.1. ZONA CENTROIBERICA.

Esta zona limita al norte con la zona Asturoccidental-Leonesa, y al sur con el ya mencionado Batolito de Los Pedroches. En nuestro "Mapa del Esquema Geológico Regional". Gráfico I-EMS-1, se puede apreciar claramente que ocupa el área más extensa, ensanchándose conforme nos adentramos en la Provincia de Jaén, y que se encuentra separado de la Zona de Ossa-Morena por el Batolito de Los Pedroches.

Desde el punto de vista estratigráfico, el rasgo más destacado es el predominio de materiales postordovícicos y además con una continuidad hasta el Carbonífero. Esto es algo diferente a lo que ocurre en otros lugares en que aparece esta zona y en donde, como señalan ciertos autores, existen grandes extensiones de materiales preordovícicos (3).

Centrándonos ya en el "Mapa Geológico Esquemático". Gráfico I-EMS-2, vemos que van aflorando de norte a sur materiales del Ordovícico en contacto concordante con otros del Silúrico Inferior, los cuales se sitúan de forma discordan

(3) JULIVERT, M.; FONTBOTE, J.M.; RIBEIRO, A. y CONDE, L. (1974); pág. 17.

ALVARADO, M. (1980); pág. 13.

te debajo de materiales del Devónico Inferior-Medio, para ocupar la máxima extensión, a modo de banda ancha y estrecha, los del Carbonífero Inferior, que contactan con rocas plutónicas y metamórficas normalmente de manera mecánica.

Existe, pues, en esta parte superior, y en primer lugar, un potente paquete de cuarcitas, pizarras, areniscas y calizas pertenecientes al Ordovícico, en donde, según señala RIOS ARAGUES (1971) para su área reconocida (La Carolina-Santa Elena), pero que podemos extrapolar a la nuestra, se pueden diferenciar tres tramos de potencia variable (del orden de 600 a 750 metros), que de abajo a arriba son:

- Una serie cuarcítica inferior, compuesta por cuarcitas "armoricanas" o de Despeñaperros, y alternancia de cuarcitas, areniscas y pizarras. Sería la representación del Ordovícico Inferior.
- Un tramo de pizarras oscuras, denominado pizarras de Las Correderas, con intercalaciones poco potentes de areniscas del Ordovícico Medio.
- Una serie alternante del Ordovícico Superior, de cuarcitas, areniscas, pizarras y calizas, que suelen presentar tres niveles característicos: Caliza Urbana, Pizarra Castellar y Cuarcita Castellar.

En concordancia con las series anteriores se encuentran pizarras negras grafitosas con numerosos graptolites hacia la base, y frecuentes nódulos limonitizados, los cuales están metamorfizados y presentan un moteado blanco típico. Afloran también cuarcitas arenosas, teñidas de óxido de hierro y tectonificadas. Estas pizarras y cuarcitas pertenecen al Silúrico Inferior.

Los materiales postsilúricos son también uniformes

y están bien representados, sobre todo los del Carbonífero Inferior. No obstante, los del Devónico se han conservado formando una estrecha faja, en la que se diferencia una serie rítmica cuarzo-pelítica sobre la que se sitúa un nivel discontinuo de calizas detríticas (Devónico Inferior), y una serie flyschoide de pizarras y cuarcitas (Devónico Medio). Morfológicamente estos materiales originan relieves escarpados.

Por último en la zona Centroibérica y en discordancia sobre el Devónico, existe un Carbonífero Inferior muy bien desarrollado, de gran potencia y extensión, cuyos principales afloramientos se sitúan, en este caso, al norte del Batolito de Los Pedroches. Se han diferenciado en el mismo dos niveles:

- Uno inferior, compuesto principalmente de calizas alternantes con intercalaciones de niveles con cantos de pequeño tamaño de cuarcitas, pizarras, areniscas y fragmentos calcáreos.
- Otro superior, constituido por series de pizarras y "grauvacas".

El Carbonífero, situado como una estrecha faja alargada cerca del Batolito de Los Pedroches, presenta un metamorfismo de contacto: corneanas, pizarras de facies "Culm", esquistos y filitas.

a.2. ZONA DE OSSA-MORENA.

Los límites geológicos de esta zona en el conjunto del Macizo Ibérico o Hespérico aparecen bien definidos: en su parte NO limita con la zona anteriormente descrita (Zona Centroibérica), al NE y E con el Batolito de Los Pedroches, y al sur con la Depresión del Guadalquivir y Zona Subportuguesa. Sin embargo, en nuestra área de estudio se sitúa geográficamente sólo en Sierra Morena, concretamente en su parte centro oriental, por lo que en su límite

septentrional tiene al Batolito de Los Pedroches, al oeste el río Yeguas, y al sur y sureste la Depresión del Guadalquivir.

Tradicionalmente a la zona de Ossa-Morena se le han atribuido estas características principales: gran extensión de afloramientos del Precámbrico y Cámbrico; notable desarrollo del plutonismo y del vulcanismo; edad herciniana de los plegamientos, principalmente del Carbonífero Inferior. Así, los materiales de esta zona van desde el Precámbrico, formando fajas alargadas y en el que se distinguen dos conjuntos, al Cámbrico, sobre todo Inferior y Medio, bien datado y representado ampliamente en la parte SO. De todas formas también afloran terrenos paleozóicos posteriores a esta última era, los cuales se agrupan en tres conjuntos separados por discordancias, y que desde el Ordovicio llegan hasta el Pérmico (4).

Recientes investigaciones realizadas cerca de nuestra área de estudio, reconocen una serie de dominios en Ossa-Morena, concretamente en Sierra Morena Central. Estos dominios geológicamente individualizados significan una aportación importante en el conocimiento de esta zona. De sur a norte serían (5):

- Dominio de Córdoba-Alanis.
- Dominio de Sierra Albarrana.
- Dominio de Cerro Muriano-Aznaga.
- Dominio de Villafranca de Córdoba-El Vacar.
- Dominio de Obejo-Valsequillo.

Estos dominios están separados por accidentes tectónicos (normalmente fallas posthercinianas) y por intrusiones ígneas, teniendo en común como características estratigráficas

(4) ALVARADO, M. (1980); pág. 15.

(5) DELGADO QUESADA, M.; LIÑAN, E.; PASCUAL, E. y PEREZ-LORENTE, F. (1977); pág. 75-90

y petrológicas el contener rocas sedimentarias precámbricas, materiales detríticos y carbonatados del Cámbrico, e incluso del Ordovícico-Devónico, y un Carbonífero discordante, en donde existen también rocas con grado de metamorfismo variable.

Ahora bien, según podemos observar en el "Mapa Geológico Esquemático" , Gráfico I-EMS-2 , en la zona de Ossa-Morena correspondiente a nuestra investigación, afloran con gran extensión sólo materiales del Carbonífero Inferior: pizarras, cuarcitas y calizas, que en las proximidades del Batolito de Los Pedroches, y como consecuencia del contacto con el mismo, se han metamorfizado, por lo que predominan aquí las corneanas, esquistos, filitas y pizarras de facies "Culm".

Contando con el "Corte Geológico", Gráfico I-EMS-3, realizado desde la parte NNE hasta el SSO ("Transversal: Andújar-Porcuna"), y con los trabajos geológicos publicados, podemos pasar a comentar las estructuras que presentan ambas zonas descritas hasta ahora (6).

En conjunto nos encontramos con dos grandes estructuras: un anticlinal en cuyo núcleo afloran materiales del Ordovícico, lógicamente los más antiguos, ocupando toda la parte más septentrional; y un extenso sinclinal, más bien sinclinorio, con materiales de edad carbonífera, tanto en la zona Centroibérica como de Ossa-morena. Apreciamos también que los contactos entre los materiales son normales, concordantes pues, salvo para los contactos entre los materiales del Devónico y los materiales infra y suprayacentes (Silúrico y Carbonífero respectivamente).

Los esfuerzos compresivos hercinianos en la fase Astúrica actuaron en ambas zonas en dos impulsos superpuestos y posiblemente coetáneos, con una dirección ONO-ESE y NNE-SSO, siendo los que han imprimido el estilo tectónico dominante de pliegues diferentes: abiertos, asimétricos, apretados,

(6) INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA "Mapa Geológico de España". Escala 1:50000. Hojas nos. 884-903 de "La Carolina y Linares"; págs. 16-32 y 9-16 respectivamente.

volcados, que dan esa gran extensión superficial a estas zonas, sobre todo en los terrenos del Carbonífero. Los esfuerzos distensivos posteriores han dado lugar a una red de fallas longitudinales, transversales o normales y oblicuas, siendo estas últimas las más evidentes con una dirección NNO-SSO y SSE, como, por ejemplo, en la parte sur central y oriental en contacto con materiales más recientes.

a.3. BATOLITO DE LOS PEDROCHES.

Como ya se ha indicado, los materiales que constituyen el armazón de la gran unidad denominada Macizo Ibérico o Hespérico son, o bien materiales sedimentarios del Paleozoico -los vistos hasta ahora en las zonas Centroibérica y de Ossa-Morena-, o bien materiales de naturaleza intrusiva. A estos últimos nos vamos a referir ahora: a los materiales ígneos de naturaleza intrusiva.

Así pues, un roquedo de naturaleza intrusiva constituido normalmente por granitos conforma el Batolito de Los Pedroches, al cual algunos autores incluyen en la zona Centroibérica, pero que nosotros, dada su importancia geológica y la extensión que alcanza en nuestra zona de estudio, para una mejor exposición, hemos creído conveniente comentar aparte.

El Batolito de Los Pedroches aparece situado en el límite de las dos zonas descritas, siguiendo una dirección aproximada N 110° E cortando la continuidad del Carbonífero Inferior, por lo que se alude a él como un "asomo ígneo".

CABANAS, en varias publicaciones sobre el plutón pedroleño se detiene en su composición granítica y en la imprecisión petrográfica que conlleva esta roca. Por ello pone de manifiesto, a partir del análisis sobre algunos cientos de muestras, que concretamente se trata de granodiorita y

adamellita, con algún raro manchoncillo de composición típicamente granítica (7).

Estos materiales presentan múltiples variantes petrográficas que se aprecian, además de en la composición, en la textura y en el color. Así, en casi todos los casos, el material es de grano medio grueso, dejándose ver los cristales de cuarzo, feldespato y diotita; a veces tiende a porfiroide, con grandes cristales de cuarzo (8). El color es, en líneas generales, gris azulado, pero también son frecuentes los tonos rosados a consecuencia de las sustancias ferruginosas que contiene. Normalmente las desviaciones de color y textura van asociadas, por ello y frecuentemente una textura porfídica acompaña a la tonalidad rosácea, ya que a mayor grano más facilidad ofrece la roca a la meteorización química. Lo contrario sucede en los granitos de tipo aplítico.

Se destaca en el Batolito los numerosos diques y filones que lo surcan, pues forman crestones salientes muy alargados que contrastan con las formas suaves del terreno (9). Estos filones tienen interés desde el punto de vista mineralógico e hidrológico. En este caso, como señala VALLE BUENESTADO (10) para el "Valle de los Pedroches (Córdoba)", "buena parte de la minería se basó en la explotación de estas concesiones metalíferas de naturaleza cuprífera, plumbífera y ferruginosa".

Otro hecho interesante respecto a este último aspecto es que no sólo han existido yacimientos de carácter filoniano en la serie granítica, sino que también son "normales en el contacto geológico del granito con las pizarras y encajados en estas últimas" (11). Es decir, se sitúan los yacimientos tanto al norte como al sur del Batolito, y predominan los de piritas arsenical, plomo, cobre y wolframio

(7) CABANAS PAREJA, R. (1973); pág. 20

(8) CABANAS PAREJA, R. (1968); pág. 83

(9) INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1931); pág. 20

(10) CARBONELL TRILLO-FIGUEROA, A.: "Catálogo de las minas de Córdoba". "El Defensor de Córdoba". 1925-28, citado por VALLE BUENESTADO, B. (1963); pág. 41

(11) INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1931); pág. 49

CABANAS (12) refiere el que a profundidades comprendidas entre 200 y 300 metros la metalización pasa de cobre a plomo. Las dificultades, que ello supone para el laboreo y su repercusión económica, son la causa de que en la actualidad no exista en la zona actividad minera.

Por otro lado, el interés hidrogeológico de los filones estriba en que cuando están diaclasados suministran caudales de cierta consideración, siendo estimables en este ámbito tan impermeable cual es el granito. Además, las arenas derivadas de la descomposición del granito han originado un nivel acuífero que a veces, por su cercanía a la superficie, encharca el terreno. Sin embargo, las fuentes y fuente-cillas aparecen siempre, bien al norte o bien al sur, en las inmediaciones de contacto con materiales sedimentarios en donde la densidad de los filones es notable o simplemente la roca madre se halla fracturada, lo que hace pensar en la existencia de nivel acuífero subterráneo.

En cuanto a la edad geológica de estos materiales intrusivos, se admite el que están en relación con las últimas fases de Plegamiento Herciniano (Fase Astúrica), pero son más modernos que los materiales descritos en los dos apartados anteriores (los de las zonas Centroibérica y de Ossa-Morena), los cuales, como ya se ha dicho, flanquean al Batolito por su parte septentrional y meridional. Y esto sobre todo por la orientación NW-SE del Batolito, por el arribamiento predominante de diques y filones, y por la relación que los materiales sedimentarios del Paleozóico -muy bien datados- presentan con los granodioríticos. Por ello CABANAS (13) afirma de un modo más general que el Batolito es sinorogénico. Por el contrario, y comprensiblemente, se indica también que "la serie de diques porfídicos que acompaña al batolito ocupó su emplazamiento con posterioridad, a favor de fracturas longitudinales de tensión" (14).

(12) CABANAS PAREJA, R. (1968); pág. 149.

(13) CABANAS PAREJA, R. (1968); pág. 120

(14) INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1973); pág. 18

b. TRIASICO DEL BORDE DE LA MESETA.

Nos aparece situada esta unidad al sur de los materiales paleozóicos que acabamos de comentar, de forma dispersa, en posición subhorizontal y discordante sobre los mismos. No alcanza, por lo tanto, gran extensión, de ahí que en nuestro "Mapa Geológico Esquemático", Gráfico I-EMS-2, aparezca formando manchas de tamaño más bien pequeño o mediano entre los terrenos hercinianos y terciarios (miocénicos y pliocénicos), o bien entre estos últimos y los cuaternarios, ya que parcialmente se encuentran recubiertos por estos. Hacia el este de la zona que estudiamos se encuentran mucho mejor representados estos materiales (15). Según esto y respecto a su localización, los principales afloramientos los encontramos muy cerca de la cuenca del río Guadalquivir y casi exclusivamente en su lado derecho.

Litológicamente es una serie cuya potencia puede oscilar entre 60, 70 e incluso en algunos casos 300 metros de espesor (16), estando bien datada en la facies Buntsandstein típica, y formada por:

- Una base de conglomerados de cantos cuarcíticos muy desgastados, de dimensiones que oscilan entre 1 y 30 centímetros, cementados por una matriz arenoso-limosa. Su potencia es variable, entre 8 y 48 metros, como en este último caso se obtuvo "junto a las fuentes del Balneario de Marmolejo" (17).
- Encima aparecen areniscas rojas, que no son sino arcosas potásicas, con arcillas y óxidos de hierro

(15) FERNANDEZ MARTINEZ, J. (1977); 182 págs.

(16) INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA:

- (1971); pág. 12.
- (1976); pág. 15
- (1973); pág. 8
- (1975); pág. 7

(17) INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1973); pág. 8

con algo de fracción limo. Tienen una potencia mínima de 6 metros, y un espesor máximo de 20 metros.

En resumen, se trata de un conglomerado cuarcítico basal, areniscas rojas y arcillas. Materiales que se depositaron en un ambiente sedimentario costero muy próximo al litoral, y cuya cronología se puede situar, no con total precisión, en el Triásico Inferior "por similitud de facies con otras zonas" (18), ya que "hasta ahora no existen criterios paleontológicos definitivos que lo justifique debido a que no se ha encontrado fauna con posibilidades de datación" (19).

Respecto a la estructura de estos materiales, son pocos los datos que existen. Sólo podemos señalar la existencia de sistemas de fracturas de dirección NO-SE y NE-SO, que han funcionado como fallas normales, y cuyo efecto se tradujo en un movimiento relativo de bloques con las citadas direcciones. Esta disposición en "teclas de piano" que es bastante clara en las proximidades de Bailén y La Carolina, la encontramos también aquí, donde la cobertera mesozóica aparece en bloques hundidos de dirección N.30 limitada por fallas normales (ver "Mapa y Corte Geológico", Gráficos I-EMS-2 y 3.

c. VALLE DEL GUADALQUIVIR.

Aproximadamente cerca del 50% de la superficie de la zona que nos ocupa son tierras denominadas geográfica y geológicamente Valle o Depresión del Guadalquivir. Como sabemos, esta gran unidad no es sino una amplia llanura triangular situada a lo largo del sur peninsular y que se abre al Atlántico, manteniendo una dirección ENE-OSO entre Sierra Morena al norte y las Cordilleras Béticas al sur. Constituye, pues, una típica cuenca sedimentaria

(18) INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1976); pág. 15

(19) INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1975); pág. 13.

cuya evolución geológica está íntimamente ligada a la de las Cordilleras Béticas, de la que es su antefosa.

Cuando en líneas precedentes hacíamos una breve introducción a este apartado, señalábamos que en esta unidad del Valle del Guadalquivir se pueden distinguir dos zonas: Valle de Andújar-Campiña Baja, y Campiña Alta (20). Pues bien, esta división que hemos realizado obedece, en principio, a una clara diferenciación geológica, tal como vamos a tratar de demostrar seguidamente, así como en cuanto al relieve, suelos y valoración agronómica, como comprobaremos más tarde.

Observando el "Mapa del Esquema Geológico Regional", Gráfico I-EMS-1, se destaca ya esta doble división, sobre todo desde el punto de vista litológico y tectónico:

- Materiales Autóctonos de la Depresión del Guadalquivir, en donde se distinguen cartográficamente dos formaciones: Plioceno-Cuaternario, situado concretamente en el Valle de Andújar y en las depresiones de los arroyos Salado de Porcuna y de los Villares o de Arjona, además de en otras esporádicas zonas de relleno fluvial; y Mioceno Superior, al sur de la formación anterior, cuyo límite meridional, al mismo tiempo que separación de la siguiente unidad, lo constituye una zona de contacto con los deslizamientos gravitatorios de olitostromas y de mantos de corrimiento subbéticos. Estamos, pues, en este segundo caso, en la Campiña Baja en sentido estricto.

- Materiales Alóctonos de la Depresión del Guadalquivir,

(20) HIGUERAS ARNAL, A., en su Tesis Doctoral (1961); págs. 20-34, diferencia en lo que se denomina "Depresión Central" dos grandes unidades: "Loma de Ubeda" y "la Campiña". En ésta última distingue entre "Campiña propiamente dicha": "superior" e "inferior", y las "terrazas del Guadalquivir". En cierta forma esta división corresponde con la nuestra de la siguiente manera: "Campiña Inferior" sería nuestra "Campiña Baja", y las "Terrazas del Guadalquivir" nuestro "Valle de Andújar", si bien no existe una correspondencia exacta en cuanto a límites y expansión específica, pero sí bastante afín.

en forma de franja alargada, y cuyas edades están comprendidas entre el Triás y el Mioceno Superior. Esta zona es la que denominamos Campiña Alta.

En resumen, básicamente se destaca la existencia de una cobertera sedimentaria autóctona reciente con materiales horizontales depositados "in situ", y las unidades alóctonas, que incluso pueden aparecer intercaladas entre los materiales de dicha cobertera, pero constituida por materiales replegados y deslizados procedentes del sur.

Así pues, detengámonos en señalar los rasgos litológicos de ambas unidades y su estructura por separado, para posteriormente, en conjunto, referirnos a su historia geológica y morfología. Para ello nos ayudamos del "Mapa Geológico Esquemático", Gráfico I-EMS-2 y del "Corte Geológico", Gráfico I-EMS-3.

c.1. UNIDAD AUTOCTONA.

Ocupa el centro de la zona cubriendo una gran extensión, situándose inmediatamente después de los materiales paleozóicos y mesozóicos (Triás). Se encuentra discordante y subhorizontal (salvo buzamientos locales y suaves) sobre el zócalo paleozóico de la Meseta y el Triás de la cobertera tabular al norte y al sur sobre la unidad alóctona, pudiéndose distinguir tres grandes conjuntos o formaciones que corresponden respectivamente al Mioceno Superior, al Pliocuaternario y al Cuaternario.

En primer lugar, y de norte a sur, nos encontramos discordante y transgresiva, sobre el Paleozóico o sobre el Triásico, una serie marina que tiene en la parte inferior unas formaciones eminentemente detríticas, y encima margas azuladas y arenas regresivas. El paso vertical de unas a otras no es brusco, sino gradual, lo que significa que los contactos son estimativos y no se puede hacer una separa-

ción rigurosa. Se trata, en conjunto, de la formación del Mioceno Superior que geográficamente se correlaciona con la Campiña Baja, en donde se distinguen cuatro formaciones claramente separables (21):

- Facies de borde: a lo largo del contacto con el Paleozóico. Está constituida por conglomerados de cuarcita predominantemente, calizas detríticas arganógenas, arenas y algo de marga, cuya edad se puede atribuir al Tortoniense Superior, teniendo un espesor variable entre 13 y 70 metros.
- Margas azuladas: situadas suprayacente y concordante sobre la formación anterior. Presentan un color beig amarillento cuando se encuentran alteradas por la meteorización, siendo arenosas hacia la base. La cronología para este conjunto correspondería al Tortoniense Superior-Andaluciense, y tiene un espesor de unos 200 metros.
- Areniscas y margas: sigue a la formación anterior, y son arenas alternando con margas más o menos arenosas, cuyos estratos con la distancia van perdiendo compacidad y espesor, aunque en este último sentido se le da una estimación de unos 300 metros de potencia. El estudio micropaleontológico permite datar al conjunto como Andaluciense. Señalar también el que en algunas zonas, como por ejemplo en las proximidades de Lopera, al oeste de Porcuna, las areniscas de esta formación constituyen paquetes bastante gruesos y relativamente compactos, destacando en el relieve por la erosión diferencial, respecto a las margas, margas arenosas o areniscas deleznable que constituyen la serie.

(21) INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1975); págs. 11-13.

- Areniscas calcáreas: coronan la serie miocénica autóctona. Las encontramos sobre todo en los alrededores de Porcuna: paquete de unos 40 metros de espesor de areniscas de cemento calcáreo, con restos fósiles muy fragmentados. Se pueden presentar masivas o de grano grueso; otras de grano medio a fino (gran cerro sobre el que se asienta el municipio de Porcuna); y en estratos delgados a medios, de espesor muy regular y constante, lo que ha motivado su explotación en cantera para la construcción, ya que se obtienen con gran facilidad buenas losas. Su datación y posición estratigráfica permiten atribuir a esta serie el techo del Andaluciense.

La segunda gran formación es del Pliocuaternario. Señalada por los geólogos como una "raña", aparece en grandes extensiones sobre todo al norte de la cuenca del Guadalquivir o, en este caso, del Valle de Andújar. Se presenta como una formación discordante erosiva sobre las arenas y los limos calcáreos andalucenses y las margas gris-azuladas.

En general el Pliocuaternario está constituido por canturriales de cuarcita y caliza, bien redondeados, localizados preferentemente hacia la base de la formación, aunque en todos los niveles existen arcillas rojas, limos pardos-rojizos, arenas de cuarzo, tobas margosas y caliches, debidos a la exudación y/o evolución de pequeñas lagunas residuales.

Como corresponde al relleno de relieves de detalle de una gran llanura de origen fluvial, la potencia de la formación es muy variable, pudiendo alcanzar estos sedimentos entre 8 y 10 metros.

Otro elemento a destacar posteriormente será su morfología, debida al modelado, arrasamiento y relleno de una topografía anterior, siendo por ello por lo que se le atribuye a un Cuaternario Antiguo y probablemente al Plioceno.

Por último, en esta unidad Autóctona, la siguiente gran formación corresponde al Cuaternario. Es de gran importancia en extensión, no en espesor, al estar cubierta en gran parte por suelos potentes, coluviones, arrastres, etc. Geográficamente se corresponde con el Valle de Andújar en sentido estricto.

Se distinguen en esta unidad claramente dos formaciones (22): tres terrazas, y un aluvial actual y conos de deyección; o bien, como señalan otros autores (23), cuatro niveles de terraza. Optamos por esta segunda distribución, pues se ajusta más a nuestra cartografía, y además, porque el cuarto nivel de terraza (el más bajo) en este caso se corresponde con la denominación anterior de "aluvial actual y conos de deyección".

Aparecen tres terrazas claramente diferenciadas situadas a una cota aproximada, desde la más antigua a la más reciente, de 350, 300 y 250-200 metros respectivamente. Su litología es muy variable, estando constituidas por materiales procedentes del retrabajamiento de sedimentos más antiguos, especialmente del Mioceno y de la raña pliocuaternaria, lo mismo que de cantos del Paleozóico, cuya influencia se acentúa en la proximidad al borde de la transgresión miocénica.

Respecto a la cuarta terraza, la más baja e importante por las posibilidades que ofrece su suelo para el desarrollo agrícola intensivo, está constituida por aluviones recientes y meandros, algunos de estos abandonados. Los primeros están formados esencialmente por conglomerados poligénicos, predominando también los materiales más finos: arenas y arcillas, con escasos cantos cuarcíticos. Los meandros abandonados contienen gran cantidad de cantos acorazados.

(22) INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1976); pág. 14

(23) INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1975); pág. 14

c.2. UNIDAD ALOCTONA.

Al sur del gran montículo sobre el que se asienta Porcuna y desde el límite de la Provincia de Córdoba hacia el este, se pueden ir distinguiendo topográficamente una serie de elevaciones discontinuas -a modo de cerros testigo-, que siguen una cota en torno a los 400 metros: va pasando, pues, por la parte sur de Arjona (Doncellas), Higuera de Arjona (Cerro Gordo), Cazalilla (Cerros de Cañavera y Atalaya) Mengíbar (Cerro de Las Hontanillas), hasta el río Guadalquivir (Casa de Grañón).

Notamos, pues, la presencia de una línea, o más bien cuerda topográfica imaginaria, que se corresponde con el contacto y, por lo tanto, con la división, entre los materiales autóctonos y alóctonos del Valle del Guadalquivir (ver "Mapa Geológico Esquemático", Gráfico I-EMS-2). Es decir se corresponde con la división geográfica que establecemos ahora de una manera definitiva geológicamente, de Campiña Baja (Unidades Autóctonas) y Campiña Alta (Unidades Alóctonas), ya que en páginas sucesivas iremos viendo si los diferentes componentes espaciales que estudiamos (en este apartado o capítulo geofísico) corroboran esta distinción.

Dejemos esta hipótesis por ahora y sigamos con nuestro planteamiento geológico. En este sentido podemos comprobar a través de los Gráficos I-EMS- 1 y 2 cómo la mayor extensión al sur de la línea de contacto referida, está ocupada por afloramientos cuyas edades están comprendidas entre el Triásico y el Mioceno Superior. Corresponden a formaciones de rocas emplazadas en su actual ubicación merced a grandes deslizamientos en masa, provenientes del sur (Cordilleras Béticas), y acaecidos durante el Mioceno, que han situado en esta zona materiales alóctonos de diferentes edades.

Se trata de Olistostromas. (24), término que indica "una masa plástica más o menos caótica o dislocada, que contiene bloques rígidos de edades antiguas, coetáneas o más modernas, deslizadas por gravedad hacia zonas inferiores generalmente en un área de sedimentación, y originada por formaciones más antiguas que aquella sobre la que se desliza" (25). Se origina principalmente en un medio marino -como en nuestro caso-, pero puede ser también subaéreas (MARCHETTI, 1956) (26).

Ahora bien, debido a que estos deslizamientos no se produjeron de una sola vez, sino en varios momentos, al tiempo que se producía la sedimentación propia de la cuenca, lo que motivó una continua remoción, entremezcla y sedimentación de materiales más bien margosos, es imposible separar tramos estratigráficos en la mayor parte de la zona ocupada por los Olistostromas. De ahí el que sólo se hayan podido distinguir sobre todo afloramientos de margas y yesíferos de facies Keuper; margas y areniscas blancas del Oligoceno; margas blancas del Mioceno Medio; y margas grises y albarizas del Mioceno Superior.

Por lo tanto, y debido también a que en la mayor parte de la zona existen derrubios y suelos de tierra de labor muy bien desarrollados, se ha recurrido en nuestro "Mapa Geológico Esquemático" a la denominación común de Olistostromas, en sentido amplio, diferenciando asimismo las arcillas, yesos y margas rojas del Keuper, que afloran casi en exclusividad al sur de Porcuna (cortijo El Zahan y en sus inmediaciones). Por otra parte, los materiales olistostrómicos posttriásicos comprenden margas y areniscas del Oligoceno, y pequeñas formaciones, prácticamente incartografiables, de materiales del Mioceno Superior, sobre todo margas grises y albarizas (conocida popularmente por "tiza"), explotándose, en éste último caso, en la cantera al sur de Porcuna.

(24) La palabra y su definición provienen del griego: olistanio = deslizar, y stroma = masa.

(25) INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1976); pág. 4.

(26) Citado por INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1975); pág. 8.

Respecto a la estructura, en la unidad Autóctona se observa una ligera inclinación de las formaciones terciarias, así como una horizontalidad en todo el ámbito del Cuaternario, lo cual demuestra la ausencia de un diatrofismo notable en esta zona en épocas recientes. A pesar de esto, nos encontramos con algunas fracturas de relativa importancia que afectan a los sedimentos del Mioceno. Por otra parte, la raña pliocuaternaria está también horizontal o buzando levemente hacia el sur, por lo que se deduce la posibilidad de la existencia, hacia el actual lecho del Guadalquivir, de una falla o familia de fallas que da lugar al basculamiento del bloque situado al sur.

I.A.2. EVOLUCION GEOMORFOLOGICA Y FORMAS DEL RELIEVE.

En las líneas precedentes hemos aludido a la composición estratigráfica y estructural de las diversas unidades, subunidades o zonas que se individualizan en nuestra área de estudio. Sin embargo vamos a detenernos ahora, de manera sucinta y con referencia a los rasgos generales, ya que no se puede precisar debido a la ausencia de estudios y porque no es el objeto del presente trabajo, a la evolución geomorfológica en base a explicar las actuales formas del relieve.

a. MACIZO IBERICO O MACIZO HESPERICO.

Los materiales que integran esta unidad estructural, como ya se ha dicho y descrito, son de edad paleozóica en su totalidad. Por ello el gran protagonista de la evolución geológica fué el Plegamiento Hercíniano, puesto que surgió en él la fuerza capaz de hacer emerger los materiales que integran las zonas Centroibérica, de Ossa-Morena y el Batolito de Los Pedroches, comprendidas las tres en el Macizo Ibérico o Hespérico y que aparecen al norte en la zona investigada.

Anterior a este movimiento orogénico hay que señalar

que en una cuenca geosinclinal subsidente se fueron depositando materiales, y que concretamente desde el Cámbrico al Silúrico esta sedimentación se hizo en un medio sedimentario progresivamente de menor energía, como lo atestigua el hecho de que los materiales depositados son gradualmente más finos y además existieron levantamientos epirogénicos en el Ordovícico Superior (Caradociense) y en el Silúrico Inferior (Valentiense). Movimientos que, juntamente con los registrados durante el Devónico Superior, están relacionados con elevaciones producidas por las últimas fases de orogenia caledoniana (27).

Tras estos movimientos, lo que sí está claro es que la actividad orogénica principal corresponde al Plegamiento Herciniano en su fase Astúrica, que ha actuado en dos impulsos posiblemente coetáneos. A partir de aquí tuvo lugar el plegamiento y la emersión de los materiales que hoy constituyen Sierra Morena y, por lo tanto, los de nuestra zona. Daría lugar a una cordillera cuyas cimas sobrepasarían los 5.000 metros (28). Asimismo esta fase orogénica es la responsable del estilo tectónico dominante, originando pliegues cuya dirección oscila entre E-O y el ONO-ESE, y una red de fallas longitudinales y transversales, siendo más evidentes estas últimas.

La región, en los inicios de la fase Astúrica, queda conformada como un gran sinclinal de eje NW-SE a cuyos flancos norte y sur se extendían dos anticlinales. Ahora bien, hubo un momento al final de esta orogenia en el que se produjo, concretamente en el centro del sinclinal, la intrusión de la masa ígnea de Los Pedroches, cuya edad puede cifrarse únicamente como posterior al Viseense (29).

(27) INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1973); pág. 16.

(28) VALLE BUENESTADO, B. (1983); pág. 53.

(29) INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1973); pág. 17.

Este ascenso del magma se tradujo en una importante elevación del fondo del sinclinal, afectando a los materiales próximos ya que acentuó su plegamiento. Al mismo tiempo, los últimos impulsos de la orogénesis Astúrica seguían actuando en los materiales del Carbonífero, replegándose y llegando a constituir, quizás, un anticlinorio de suaves pliegues en el lugar que antes ocupaba el sinclinal.

En el momento en que se enfría y consolida el magma granítico, se están produciendo los efectos póstumos de la orogenia herciniana. Esto va a ocasionar en el granito una red de diaclasas y fracturas por la que surgieron los materiales porfídicos y felsíticos que constituyen los diques y filones (30). Al mismo tiempo, los materiales próximos al granito se fracturaron, apareciendo fallas longitudinales.

Tras la orogenia herciniana, e instaurado el dominio de los agentes erosivos externos que lleva a una peneplanización, las formas de relieve resultantes van a estar próximas a una penillanura. Este proceso continuó durante todo el Mesozóico y principios del Terciario, conformando una isoaltitud de cumbres en torno a los 750-850 metros, alterándose sólo en los crestones cuarcíticos próximos a los 1.000 o 1.100 metros. Se ha constituido así la denominada penillanura poligénica.

Entrando en el Terciario, el Plegamiento Alpino supone un levantamiento en bloque de Sierra Morena y su basculamiento hacia el Atlántico, además de una nueva fracturación del bloque granodiorítico. Además, esta fracturación también afectó a los materiales sedimentarios ocasionando grandes fallas paralelas al eje de la zona, las cuales están bien representadas en la parte más meridional. Fallas que fueron aprovechadas por los surcos de agua para labrar su cauce.

(30) CABANAS PAREJA, R. (1968); pág. 147.

Tras el rejuvenecimiento alpino, nuevamente actúan los agentes erosivos externos, principalmente las aguas fluviales (31) con un carácter remontante, desplazando progresivamente hacia el norte la divisoria de aguas entre el Guadiana y el Guadalquivir, produciéndose incluso fenómenos de captura. Se produce también el desmantelamiento superficial de los materiales carboníferos que aún cubrían el plutón granodiorítico, y que a partir de ahora quedará prácticamente al descubierto.

Se ha configurado así, en la vieja superficie de erosión, la penillanura fundamental o finimiocénica, la cual, durante época pliocena y como consecuencia de los reajustes isostáticos postalpinos, sufrió algunos retoques, como cierta elevación, que tuvo lugar sobre todo en pleno Cuaternario, y fue la causa de los últimos acontecimientos de morfogénesis, que han estado y están directamente protagonizados por la red fluvial, cuya actividad erosiva se va a ver bastante intensificada durante las glaciaciones.

En este último sentido, se produce un reencajamiento fluvial intenso: el gran caudal de los ríos en el Plioceno, su carácter torrencial y los desniveles topográficos que han de salvar para adaptarse al nuevo nivel de base en el Guadalquivir, potenciaron la erosión lineal, al mismo tiempo que retrocedían sus cabeceras reavivando el fenómeno de las capturas.

Las formas resultantes, a pesar de la uniformidad del proceso, responden a una erosión diferencial que se puede establecer en base a la litología (32), a las peculiaridades de la cuenca de desagüe, y a la diferencia de cota que presentan estos cauces de agua entre su nacimiento y la desembocadura (33). Así podemos hacer mención a que el encajamiento es máximo en los materiales sedimentarios,

(31) CABANAS PAREJA, R. (1975); págs. 195-220.

(32) VALLE BUENESTADO, B. (1983); pág. 59

(33) REVENGA CARBONELL, A. (1941); págs. 467-512.

especialmente en los del Carbonífero (menos resistentes) que bordean el Batolito de Los Pedroches; mientras que en los materiales graníticos, por el contrario, el encajamiento es bastante inferior. Como ejemplo sirva el del río Vegas o el del río Jándula a su paso por una u otra clase de materiales.

Por todo esto se comprende también que la morfología de las zonas Centroibérica y de Ossa-Morena sea algo diferente. Así la homogeneidad litológica de los terrenos carboníferos de la zona de Ossa-Morena trasciende y se manifiesta en la uniformidad topográfica, estando ausentes los accidentes orográficos importantes. El modelado resultante es un bajo relieve fraguado por la erosión fluvial, que ha aprovechado para encauzarse las grandes líneas de fracturas. En la parte sur, sobre todo oriental, el bajo nivel de base de los afluentes del Guadalquivir ha favorecido el encajamiento, por lo que el contraste de formas es más acusado.

En la parte norte: zona Centroibérica, donde la litología responde a la alternancia de cuarcitas, areniscas, pizarras y calizas, la morfología ofrece como muestra general la variedad, aunque el dato más sobresaliente son las abruptas sierras y crestones a que dan lugar las cuarcitas: Sierra de Los Calderones, Sierra Quintana, Loma de Las Pilas, en el límite con las provincias de Ciudad Real y Córdoba. Además, las fuertes pendientes y la resistencia al roquedo en los procesos de pedogénesis influyen en la mala calidad de los suelos, en la adaptación de la cubierta vegetal, y en la pervivencia de un pastoreo escaso como aprovechamiento agrario exclusivo.

Por el contrario, la morfología del Batolito es bastante uniforme y apenas se aprecia un esculpido de formas. Se podría decir que es una penillanura. Contribuye a ello, lógicamente, la dureza, impermeabilidad y casi homogeneidad

del granito, la carencia de fuertes pendientes, etc.. Todo ello ha relantizado la actividad erosiva, a la vez que la modernidad de la red hidrográfica y su caudal, en parte escaso, ha dificultado la evacuación de los residuos de alteración y fragmentación de la roca madre.

Estas dificultades en el proceso de erosión y denudación, explican el que no encontremos en el Batolito macroformas clásicas de los paisajes graníticos: canchales, thorn, toffoni, etc..., salvo donde el granito está tectonificado, es de contextura gruesa y concurren factores de tipo hipsométrico y climático, además de ser zonas donde la acción erosiva de los cursos de agua es muy intensa (caso del río Yeguas en la parte occidental, o del río Jándula y sus afluentes en el centro).

De todas maneras sí hemos de destacar en el Batolito las diaclasas que frecuentemente aparecen en la amplia zona que ocupa. Son diaclasas horizontales, o mejor dicho, diaclasas suavemente combadas, lo que contribuye a definir los redondeados canchales según los cuales aflora el granito. Otra serie de diaclasas con tendencia a la verticalidad y de dirección noroeste cortan a las anteriores, como consecuencia de lo cual se definen paisajes ruiniformes en las depresiones.

Como microformas en el granito, las bolas sí son abundantes. Se trata más bien de bloques redondeados que excepcionalmente llegan a 1 m^3 . Aparecen muy diseminadas y al descubierto en los lugares con mejores condiciones de esorrentía y transporte, e incluso sepultadas por la arena cuarzo feldespática. La existencia de estas bolas, aún en el caso de ser pequeñas, ha sido siempre un obstáculo para la labor del arado.

b. TRIASICO DEL BORDE DE LA MESETA Y VALLE DEL GUADALQUIVIR.

La historia geológica referida a estas últimas unidades

es, evidentemente, más reciente que la de la unidad anterior.

En principio, configurada ya La Meseta, se van depositando en su parte inferior sedimentos conglomeráticos y detríticos del Buntsandstein, como consecuencia de la transgresión del mar Triásico. La leve emersión de estos sedimentos ha dado lugar a una erosión durante parte del Mesozóico y parte del Terciario.

Igualmente en la fosa geosinclinal existente, en cuya parte norte el Guadalquivir labrará muy posteriormente su cuenca, se fueron acumulando varios millares de metros de sedimentos miocénicos y pliocénicos. De todas maneras, antes de que todos estos materiales emerjan definitivamente, durante todo el Mioceno Superior, concretamente en el Tortoniense, tuvo lugar una transgresión marina y deslizamientos de Olistostromas (materiales alóctonos) y, al menos hasta la mitad del Andaluciense, persistieron las condiciones sedimentarias, notándose a finales de estos tiempos el comienzo de una regresión que culminará con la emersión total a principios del Plioceno.

El Macizo Ibérico o Hespérico al norte y el continente africano al sur en su movimiento tangencial y actuando como topes de presa, comprimieron los sedimentos depositados en el geosinclinal alpino (en sentido amplio mar de Tetis). De este modo emerge definitivamente la cuenca del Guadalquivir y las zonas internas y externas de las Cordilleras Béticas, cerrándose el mar por el oriente peninsular. Se debe por lo tanto al Plegamiento Alpino, la formación de la gran unidad estructural del Valle del Guadalquivir, así como también la que corresponde a los materiales que bordean a la Meseta.

Tras este paroxismo orogénico se instaura una etapa de peneplanificación, durante la cual hay simultáneamente una modelación del relieve, arrasamiento, y depósito de

tipo mixto entre fluvial y llanura de inundación generalizada. Sin embargo, faltan aún los movimientos verticales, regulados por el equilibrio isostático, y que se traducen en elevación y descenso en bloque, para que vaya quedando configurado el actual relieve, incluyendo el encauzamiento del Guadalquivir, y la red de subsidiarios. La erosión y el depósito durante el cuaternario contribuirá, finalmente, a la formación geomorfológica actual.

Morfológicamente lo más importante a destacar es la presencia de terrazas, sobre todo en el margen derecho del río Guadalquivir en donde adquieren "un desarrollo extraordinario prolongándose cuanto menos hasta el río Jándula" (34); la existencia de grandes meandros libres que forma el río Guadalquivir a partir de su confluencia con el río Rumblar; y el descollar de los diferentes niveles de arrasamiento o glacia de erosión aún cuando, debido a la intensa erosión actual, los arroyos que desaguan tanto en el río Guadalbullón como en el río Guadalquivir, se han encajado en los anteriores niveles y forman amplias vallonadas y aterrazamientos propios.

Toda esta morfología aparece en la unidad del Valle del Guadalquivir, concretamente en los materiales autóctonos sobre todo, en lo que geográficamente denominamos Campiña Baja-Valle de Andújar. Sobresale aquí un bajo relieve alomado e incluso monótono, con materiales replegados e incluso verticales, dos hileras de "cerros testigo" de este a oeste y dispuestas de norte a sur separadas por amplios valles. La primera se puede observar desde Lopera, siguiendo por Arjona, Higuera de Arjona, hasta el sur de Cazalilla, separando los dominios morfológicos de la Campiña Baja propiamente dicha y de las terrazas del Guadalquivir. La segunda hilera iría desde Porcuna, por el norte de Escañuela, las Atalayuelas de Fuerte del Rey, separando la Campiña Baja de la Alta, es decir, los materiales autóctonos de los alóctonos.

(34) HIGUERAS BERNAL, A. (1961); pág. 33

Por el contrario, la morfología y, por lo tanto, el relieve de la unidad estructural alóctona, geográficamente Campiña Alta, es más abrupto. Y ello debido a los desplazamientos de sur a norte de los materiales triásico-miocénicos de origen subbético, que durante el Mioceno avanzaron hacia el estrecho nord-bético marino instaurado en esta zona. En su movimiento el Triásico arrastró depósitos de todo el Mioceno que lo cubría discordante, y los bloques del Mesozóico que están incluidos en las margas yesíferas, desplazándolos como "planchas flotantes que sufrieron deformaciones, fracturas e imbricaciones de diversa importancia" (35).

Una vez que la masa margosa del Triás arrastró todo el material que tenía depositado encima, se rompió, dando lugar a una estructura caótica de enormes bloques que en la actualidad no guardan relación entre sí, entremezclándose elementos de diversas edades y procedencias: Olistolitos.

Se comprende, a través de esta tectónica de deslizamiento gravitatorio, la mayor complicación, no solo estructural, sino también morfológica y lo accidentado del relieve en esta zona. El Mioceno, si no se ha desmantelado, se encuentra sumamente replegado, mostrando en conjunto un plegamiento de dirección NE-SO, vergente hacia el sur. Cuando aflora el Triás, lo más normal, es que se encuentre muy abarrancado, formándose en su superficie lagunas salobres, y en su pie amplias vallonadas con distintos niveles de aterrazamiento.

Evidentemente que no estamos, en este último caso, en la Campiña Baja: "una región de paisaje monótono en el que se empiezan a ver las características geomorfológicas de la Campiña de Córdoba" (36), sino en la Campiña Alta, en la "Campiña Superior o Campiña de Jaén", como la llama

(35) INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1975); pág. 15

(36) HIGUERAS ARNAL, A. (1961); pág. 29

HIGUERAS ARNAL (1961) y añade: "en contacto con las Cordilleras Béticas, se diferencia muy poco del piedemonte subbético...." (pág. 29).

I.B. EL RELIEVE: DISPOSICIONES TOPOGRAFICAS.

Las desigualdades, volúmenes y formas de la superficie terrestre, diferenciadas sobre todo por las alturas y pendientes, están haciendo referencia al concepto de relieve. Esta es la noción que vamos a tratar de explicar en este apartado, con el objetivo de ver la influencia que ejerce el relieve en el desarrollo de la actividad agraria.

De todas maneras, también sabemos de la correlación existente entre la litología y los suelos, o el papel que juega la orografía como factor modificante del clima, etc.... Sin embargo, no es este el momento de desgranar cada una de estas interrelaciones, ya que en los apartados que siguen se intentarán constatar, fundamentalmente en el que hemos denominado "Valoración Agronómica". Centrémonos pues, y ahora, en el concepto de relieve definido anteriormente y en nuestra área de estudio.

La variedad de áreas con diferente litología y, por lo tanto, la importancia de zonas pre, iso y postorogénicas, confieren al paisaje el carácter dominante de diversidad en la personalidad fisiográfica de la Campiña Baja y Valle de Andújar. No obstante, a partir de esta generalización, merece destacarse a un nivel más concreto, otras características que tienen incidencia en la agricultura:

- La diversidad del relieve se traduce en la presencia simultánea de una zona relativamente elevada (Sierra Morena al norte), entre 600 y 1400 metros, de un amplio valle fluvial (Valle de Andújar en el centro), y de una gran zona ondulada, levemente abarrancada

(Campaña Baja en el centro y sur) entre los 200 y 400 metros.

- La diferencia de materiales, junto con el condicionamiento de carácter edáfico que ello motiva, al detectar la presencia de terrenos antiguos (aproximadamente el 50 por ciento), otros, bastante más recientes (algo más del 40 por ciento), y unos terceros que se han constituido prácticamente en nuestros tiempos.
- La oposición de áreas que muestran un diferente grado de pendiente, lo cual, ya en principio, marca la diferencia entre zonas más afectadas por la erosión y otras de depósito de materiales erosionados.

No cabe duda de que a partir de estas anotaciones ya se podrían extraer algunas conclusiones de matiz geográfico. Sin embargo, es conveniente que previamente intentemos conocer qué influencia ejercen las disposiciones topográficas para un adecuado desarrollo agrario.

I.B.1. INTENSIDAD DEL RELIEVE.

El relieve ejerce una gran influencia como factor erosivo, pues condiciona el diferente grado de abundancia, frecuencia e intensidad de las precipitaciones (en esto juega un papel importante la altitud y la orientación), al mismo tiempo que es generador de restricciones térmicas y de la potencialidad erosiva de la escorrentía, al condicionar la velocidad de flujo en función de características, tan determinantes de la misma, como el grado de pendiente.

Por ello, si tratamos de conocer el relieve en relación con el entorno y, sobre todo, la influencia de éste en cuanto a la asignación de usos del suelo desde el punto de vista agrario, son dos las variables que inciden de una manera primordial y, por lo tanto, que debemos estudiar: pendientes y altitud.

Son numerosas las clasificaciones existentes sobre pendientes, muchas de ellas con un enfoque diferente, dependiendo del tipo de uso que se le va a dar al territorio a investigar (37). Como en nuestro caso lo que pretendemos es determinar aquellas áreas generalmente marginales que por superar determinados porcentajes de pendientes estimamos como irreconciliables con la utilización agraria, hemos realizado su cuantificación a groso modo en nuestra área de estudio (plasmación gráfica en "Mapa Clinométrico (de pendientes)". Gráfico I-EMS-4), indicando de antemano que no hemos descendido a una escala microespacial por no existir trabajos al respecto, y porque no es nuestro objetivo, ni tenemos medios a nuestro alcance para ello (38).

Analizando el mencionado "Mapa Clinométrico (de pendientes)" se destaca, en primer lugar, que el 67% del territorio está comprendido entre los 0 y 10% de pendiente, la cual estimamos como suave, y que según la clasificación del Ministerio de Agricultura para la caracterización de la Capacidad Agronómica de los Suelos de España (39), se puede considerar de buen uso para el desarrollo edáfico y, por lo tanto, para la utilización agraria: es la zona que corresponde a la Campiña Baja y al Valle de Andújar en sentido estricto en su totalidad, además de una considerable extensión al norte.

En segundo lugar existe una amplia zona (al norte, en Sierra Morena) con una pendiente comprendida en el intervalo del 10 al 20%, pendiente moderada, que significa el 32,59% del total superficial estudiado, y que en principio

(37) Ver la Metodología que se señala al respecto en Centro de Estudios y Ordenación del Territorio y Medio Ambiente (1982); pág. 146-153.

(38) La delimitación de las áreas de pendiente que aparecen en el Mapa, la hemos realizado mediante la fórmula:

$$P_m \text{ (Pendiente media)} = D.L. / A. \text{ Donde } D \text{ es la equidistancia en Km; } L \text{ la longitud de las curvas de nivel en Kms; y } A \text{ el área de la superficie considerada.}$$

(39) CENTRO DE ESTUDIOS Y ORDENACION DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE (1982); pág. 149.

es susceptible de uso agrario, siempre y cuando la naturaleza edáfica, la presencia de aguas de regadío, y la utilización agronómica del entorno lo permitan.

Por último se destaca la presencia de una pequeña extensión, en la parte noroccidental, con más del 20% de pendiente, e incluso llega al 30%, pendiente fuerte a muy fuerte, y que estimamos como irreconciliable con la utilización agraria.

De tales observaciones se obtiene ya una primera generalización: en cuanto al tanto por ciento de pendiente el relieve de la zona no presenta un obstáculo para un adecuado desarrollo agrario, es más, las pendientes moderadas mediante la mecanización y consiguiente abancalado, pueden ponerse en explotación.

Si descendemos a un nivel espacial menor: áreas administrativas municipales, a través del siguiente cuadro (Cuadro I-EMS-1), se corrobora con mayor precisión la conclusión a la que hemos llegado anteriormente:

CUADRO I-EMS-1. VALORES DE LAS PENDIENTES (superficie en Km²)

Municipios	0 - 10%	10 - 20%	20 - 30%	Superficie total (Km ²)
Andújar	450,44	498,10	6,30	954,84
Arjona	158,60			158,60
Arjonilla	42,40			42,40
Cazalilla	46,74			46,74
Escañuela	13,92			13,92
Espeluy	25,70			25,70
F. del Rey	34,40			34,40
H. de Arjona	44,40			44,40
Lopera	65,90			65,90
Marmolejo	125,39	52,80		178,10
Mengíbar	61,00			61,00
Porcuna	174,50			174,50
V. de la Reina	103,60	103,50		207,10
TOTAL ZONA	1.346,90	654,40	6,30	2.007,60

Fuente: Elaboración propia a partir del "Mapa Clinométrico (de pendientes)" midiendo las superficies medias mediante planímetro.

Cuadro que nos muestra una buena aptitud para el uso agrario, a partir de la variable pendiente, de la totalidad de las superficies municipales medidas en Km^2 . La excepción es Andújar y Villanueva de la Reina en las que sólo la mitad superficial entraría en esta afirmación; y Marmolejo con un 70,35% de su superficie.

Ahora bien, si relacionamos lo dicho hasta ahora con la altitud, podríamos llegar a detectar el grado de dotación natural parcial que el relieve representa para el consiguiente aprovechamiento agrario. Del análisis del "Mapa Hipsométrico". (Gráfico I-EMS-5) y ayudándonos del Cuadro I-EMS-1 se pueden obtener algunas conclusiones:

- Que 2005 Km^2 , es decir, un 99,8% del total de las tierras, se hallan por debajo de la isohipsa de los 1000 metros (40).
- Que $2,50 \text{ Km}^2$, un 0,12% del total de la extensión, están comprendidas entre los 1000 y 1400 metros (41).
- Que la mitad de las tierras de la zona estudiada: $1009,2 \text{ Km}^2$, un 50,27% se sitúan entre los 200 y 400 metros.

Por ello se debe de admitir la no existencia de obstáculos altitudinales que impidan la adecuación agraria de las tierras, sino más bien lo contrario, que en líneas generales la altitud favorece la utilización agraria.

(40) Todas las mediciones superficiales se han realizado en el "Mapa Hipsométrico" mediante planímetro una vez que dicho mapa se ha elaborado a partir de las hojas a escala 1:50000 del Mapa Militar de España (Servicio Geográfico del Ejército) y pasado a escala 1:100.000

(41) En comparación con otras áreas administrativas es un porcentaje despreciable, pues: Andalucía, en conjunto, tiene una altitud media mayor y las zonas con más de 1000 metros significan el 13,77%; en Andalucía Oriental un 28,40%, y en España las tierras por encima de la cota señalada suponen un 18,43% de la superficie, mientras que para toda la Provincia de Jaén suponen un 20,2% de su extensión (Datos sacados de PEZZI CERETTI, M.C.: "El medio físico" en "Estructura Económica de Andalucía (memoria económica)". Cámara de Comercio Industria y Navegación de Andalucía. Jaén, 1978; 757 págs. pág. 8.

Además, si comparamos el "Mapa Clinométrico (de pendientes)" con el "Mapa Hipsométrico" vemos que sólo a partir de los 800 metros las pendientes son fuertes (superiores a un 20%), no existiendo por debajo de esta altura presencia de fuertes pendientes. De ahí que, desde el punto de vista que manejamos, no se puede admitir la existencia en nuestra área estudiada de auténticas superficies-barreras (que superen el 30% de pendiente y los 1000 metros de altura) en el sentido de impedir el uso agrario.

I.B.2. CUANTIFICACION DE LOS RELIEVES.

Una forma gráfica, que al mismo tiempo es una síntesis, de representación del relieve provincial, la tenemos en la Curva Hipsométrica (Gráfico I-EMS-6), la cual, en principio, nos confirma anteriores deducciones, al mismo tiempo que basándonos en ella podemos calcular otros expresivos e interesantes índices que nos acercan aún más al conocimiento de la valoración agronómica del relieve.

La curva hipsométrica nos muestra la importancia de las tierras comprendidas en el intervalo de los 0 a 400 metros, que representan un 55,71% de la superficie total investigada, en donde nos encontramos:

- Con áreas llanas, de depósitos de materiales fluviales, con unos suelos bastante fértiles, y con unas condiciones hídricas óptimas, que le dan un valor agrario importante: es el Valle de Andújar.
- Con áreas pseudomesetarias, onduladas, a veces con acaravamientos a consecuencia de los efectos de la erosión sobre una litología de margas blandas, pero que con un conveniente riego podrían aprovecharse mejor agrariamente, puesto que, ni las condiciones térmicas, ni la litología presenta una oposición mecánica, ni los suelos son excluyentes, tal como

se podrá comprobar en el estudio que hacemos por separado de cada uno de estos factores: estamos en la Campaña Baja.

Pero la importancia de esta síntesis gráfica estriba en que, como ya se ha dicho, a partir de la misma se puede obtener nueva cuantificación: la altura media y el coeficiente orográfico (42).

La altura media es la relación existente entre el volumen de los relieves y la superficie del área de cálculo (altura media = volumen/superficie). Ayudándonos de un planímetro en el Mapa Hipsográfico y mediante la curva correspondiente, calculamos las superficies parciales de cada intervalo de isohipsas. Multiplicando estas superficies por la media de los valores extremos de los intervalos de las isohipsas (altura media del intervalo), se obtiene el volumen parcial municipal; y, con la suma de estos volúmenes parciales, el zonal. La plasmación práctica se presenta en el Cuadro I-EMS-2. "Valores Altitudinales y Volumen Parcial".

El coeficiente orográfico es el resultado del producto de la altura media por el coeficiente de masividad (que es función de aquella); obteniéndose este último hallando el cociente entre la altura media (en metros) y la superficie (en Km^2). La expresión práctica se presenta en el Cuadro I-EMS-3 "Valores del Coeficiente de Masividad y Orográfico".

A partir del primer cuadro (I-EMS-2) vemos que la altura media zonal es de 390 metros, y que, salvo Andújar (492 metros), el resto de las superficies municipales no sobrepasan esta media, e incluso en la mayoría es cerca de 100 metros más baja. Ello quiere decir que en función de este factor no estamos, ni mucho menos, en un área adversa de localización y potenciación agraria.

(42) Ver, respecto a estos dos índices, la metodología expuesta por DIAZ ALVAREZ, J.R. (1980); págs. 139-140.

CUADRO I-EMS-2: VALORES ALTIUDINALES Y VOLUMEN PARCIAL

MUNICIPIOS	0-200 Metros		200-400 Metros		400-600 Metros		600-800 Metros		800-1.000 Metros		1.000-1.200 Metros		1.200-1.400 Metros		TOTAL							
	SUPERF. (ha)	ALT. MEDIA VOL. (m)	SUPERF. (ha)	ALT. MEDIA VOL. (m)	SUPERF. (ha)	ALT. MEDIA VOL. (m)	SUPERF. (ha)	ALT. MEDIA VOL. (m)	SUPERF. (ha)	ALT. MEDIA VOL. (m)	SUPERF. (ha)	ALT. MEDIA VOL. (m)	SUPERF. (ha)	ALT. MEDIA VOL. (m)	SUPERF. (ha)	ALT. MEDIA VOL. (m)						
ARAUJAS	17,80	0,1	1,78	0,3	68,79	311,69	0,5	155,84	376,77	0,6	226,06	15,10	2,10	1,1	2,31	0,40	1,3	0,50	954,88	492	470,38	
ARJONA	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	158,40	134	21,34
ARJONILLA	0,10	0,1	0,01	0,1	43,45	13,72	0,5	6,86	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	42,40	299	12,7	
CAZALLILLA	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	46,74	320	14,96
ESCAÑUELA	13,10	0,1	1,31	0,3	12,61	4,70	0,5	2,35	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	13,97	123	1,77	
ESPELUT	25,70	0,1	2,57	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	25,70	100	2,57
F. DEL REY	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	34,40	368	12,7
H. DE ARJONA	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	44,40	301	13,4
LÓPES	17,60	0,1	1,76	0,3	14,49	11,90	0,5	5,95	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	65,90	245	16,25
MARROULJO	32,10	0,1	3,21	0,3	37,51	26,10	0,5	13,05	10,12	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	178,10	309	55,09
MENCIBAR	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	61,00	401	18,4
PORCUNA	1,80	0,1	0,18	0,3	49,11	9,00	0,5	4,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	174,50	308	53,79
% DE LA ZONA	109,20	0,1	10,92	0,3	307,77	418,68	0,5	209,34	450,17	0,4	270,07	17,83	0,9	14,04	2,31	0,40	1,3	0,50	2.007,5	1.390	782,97	

Fuente: Elaboración propia a partir del "Mapa Hipsométrico", según la metodología expuesta en el texto.

Sin embargo, en el segundo cuadro (I-EMS-3), el coeficiente orográfico zonal alcanza el valor de 75,761, superando a éste, y con creces, los correspondientes índices municipales. Esto significa, no sólo que el factor relieve está presente en sus irregularidades y se traduce en su morfología, sino que nos sitúa a nivel general en una superficie accidentada, y a nivel municipal en marcadamente quebrada.

De todas maneras, y en base a los factores aquí vistos y localizados en amplia generalización, posiblemente nos estén ocultando diferencias sustanciales entre áreas de diferente potencialidad en función del factor relieve, y zonas que excluyen prácticamente lo agrario. De ahí el que tengamos que distinguir entre Fronteras de Separación Internas y Establecimiento de Barreras:

- Fronteras de Separación Internas: las cuales "diferencian áreas que presentan parámetros más o menos favorables para la dedicación agraria, según el factor hipsométrico" (43) Esta delimitación, en parte, la hemos establecido ya (superficies comprendidas entre los intervalos de las isohipsas. Cuadro I-EMS-2), aún cuando ahora vamos a completar esa información indicando la dedicación agraria preferentemente en cada intervalo altitudinal. Para ello, a falta de información oficial fidedigna, nos hemos ayudado de nuestros conocimientos de campo, edafológicos, climáticos y del "Mapa de Cultivos y Aprovechamientos" (Gráfico I-UA-1) realizado por nosotros. Por todo ello diferenciamos:

- Tierras entre 0 y 200 metros: que tienen una buena capacidad térmica e hídrica, y con unos suelos profundos, normalmente ricos en materia orgánica, y de buena textura: son tierras potencialmente hortícolas y de frutales.
- Tierras de 200 a 400 metros: que presentan unas condiciones térmicas favorables, y en parte de

(43) DIAZ ALVAREZ, J.R. (1980); pág. 140.

CUADRO I-EMS-3. VALORES DEL COEFICIENTE DE MASIVIDAD Y OROGRAFICO

<u>MUNICIPIOS</u>	<u>ALTURA MEDIA (Mts)</u>	<u>SUPERFICIE (Km²)</u>	<u>COEFIC. MASIVIDAD</u>	<u>COEFIC. OROGRAFICO</u>
ANDUJAR	492	954,84	0,51526	253,507
ARJONA	134	158,60	0,84489	113,215
ARJONILLA	299	42,40	7,05188	2.108,512
CAZALILLA	320	46,74	6,84638	2.190,841
ESCAÑUELA	123	13,92	8,83620	1.086,852
ESPELUY	100	25,70	3,89105	389,105
F. DEL REY	369	34,40	10,72674	3.958,167
H. DE ARJONA	301	44,40	6,77927	2.040,560
LGPERA	246	65,90	3,73292	918,298
MARMOLEJO	309	178,10	1,73498	536,108
MENGIBAR	301	61,00	4,93442	1.485,260
PORCUNA	308	174,50	1,76504	543,632
V. DE LA REINA	432	207,10	2,08594	901,126
TOTAL ZONA	390	2.007,60	0,19426	75,761

Fuente: Elaboración propia a partir del Cuadro Nº 2, según la metodología expuesta en el texto.

agua, aunque los suelos en general son pobres en nitrógeno y fósforo, pero de elevado contenido encalizas y sulfatos. Son tierras óptimas para la dedicación que en general tienen: cereal y olivar intensivo, aún cuando potencialmente y con regadío en zonas más o menos extensas, deba existir una complementación de huertas y frutales.

- Tierras entre 400 a 600 metros; y de 600 a 800 metros en el sur: a pesar de que están aprovechadas para pastizal y olivar, pueden ser adecuadas, en parte, para los cereales y frutales (especialmente la parra)
- Tierras entre los 600 y 800 metros al norte: el pastizal con o sin arbolado, el bosque de encinar u otro, y muy localmente pequeña extensión de cereal, pueden asentarse.
- Tierras por encima de los 800 metros: el bosque y el matorral, especialmente este último, son las únicas especies forestales que pueden localizarse.

Así vemos que a pesar de existir unas superficies municipales accidentadas morfológicamente (se desprende del coeficiente orográfico, tal como anteriormente hemos comprobado), éstas son, en virtud de la diferencia altitudinal de dedicación agraria, óptimas (salvo gran parte de Andújar, prácticamente la mitad de Villanueva de la Reina y un tercio de Marmolejo) para un eficiente aprovechamiento agrario. Por lo tanto, ahora sí estamos en condiciones de afirmar que el relieve no impide la actividad agraria, sino antes al contrario, puede que la favorezca.

- Establecimiento de Barreras: "la barrera ofrece la idea de obstáculo a la difusión de una determinada actuación o actividad que en nuestro caso es la agraria". A partir de esta definición de DIAZ ALVAREZ (1980), y adaptando el paralelismo que este mismo autor establece entre los

taxones zoológicos de E.H. RAPPORT (1968) y las superficies agrarias potenciales (44), hemos llegado a elaborar el Cuadro I-EMS-4 en donde se representan las superficies municipales y zonales por usos agrarios principales y altitudes. Mediante el mismo comprobamos que:

- Por encima de los 600 metros no se cultiva nada, y de los 984,5 Km² de superficie cultivada total, sólo 42,53 Km² lo son entre los 400 y 600 metros, lo que supone un 4,32% del total de las cultivadas.

La curva de los 600 metros se presenta, pues, como una auténtica barrera que encierra en su interior 470,45 Km²; es decir, que un 23,42% no es suelo potencialmente favorable para la utilización agrícola en el sentido de obtener una productividad que la haga rentable a niveles comerciales, si bien se utiliza casi por completo con fines forestales (áreas de repoblación) y pastos. Por lo tanto, la cota de los 600 metros hay que tenerla en cuenta a la hora de discernir entre áreas agrarias y áreas forestales.

- El intervalo entre los 200 y 400 metros, el mayor en extensión, aglutina también el máximo porcentaje de superficie cultivada respecto al total: un 42,50%. Ello a nivel zonal y, mayormente, a nivel municipal, por cuanto las tierras cultivadas, a veces en su totalidad (Arjona, Fuerte del Rey, Arjonilla, Higuera de Arjona, Mengíbar, Porcuna, Villanueva de la Reina), están comprendidas entre ambas cotas.

Esto quiere decir, al contrario de la anterior afirmación, que estas tierras suponen una "barrera" totalmente favorable para la utilización agraria, aún cuando a nivel de comparación exista mayor productividad y rendimiento en las tierras situadas entre

(44) DIAZ ALVAREZ, J.R. (1980); pág. 141; Consúltense además a RAPPORT, E.H. (1975); pág. 106 y siguientes.

CUADRO I-EMS-4: SUPERFICIE POR USOS Y ALTITUDES (Km²/m).

MUNICIPIOS	0-200 Metros			200-400 Metros			400-500 Metros			500-800 Metros			800-1.000 Metros			1.000-1.200 Metros			1.200-1.400 Metros			TOTAL			
	CULTIV.	PRADO-MONTE	IMPRO.	CULTIV.	PRADO-MONTE	IMPRO.	CULTIV.	PRADO-MONTE	IMPRO.	CULTIV.	PRADO-MONTE	IMPRO.	CULTIV.	PRADO-MONTE	IMPRO.	CULTIV.	PRADO-MONTE	IMPRO.	CULTIV.	PRADO-MONTE	IMPRO.	CULTIV.	PRADO-MONTE	IMPRO.	
ANDUJAR	7,70	---	10,10	144,30	61,80	24,0	8,0	303,0	---	376,77	---	16,78	---	2,10	---	160,00	758,35	36,60	---	---	---	---	---	---	---
ARJONA	---	---	---	144,63	---	---	11,37	---	2,38	---	---	---	---	---	---	556,00	---	2,38	---	---	---	---	---	---	
ARJONILLA	0,10	---	---	41,90	---	0,37	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
CAZALLIL	---	---	---	40,51	---	1,50	4,52	0,06	0,15	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
ESCARUELA	13,02	---	0,08	---	---	---	0,82	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
ESPELUY	23,90	1,44	0,38	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
F. DEL REY	---	---	---	22,50	---	---	9,0	---	3,00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
H. DE ARJONA	---	---	---	43,25	---	---	---	---	1,15	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
LOPERA	17,60	---	---	47,00	---	1,30	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
MARMOLEJO	33,10	---	---	52,00	55,00	2,50	---	26,0	---	3,4	6,8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
RENGIBAR	---	---	---	58,91	---	1,54	---	0,55	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
PORCUNA	1,80	---	---	163,70	---	---	6,72	---	2,28	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
V. DE LA REINA	---	---	---	86	---	16,00	2,10	38,85	---	45,15	18,0	---	1,05	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
TOTAL ZONA	97,22	1,44	10,56	844,7	116,80	47,21	42,53	368,56	8,96	452,32	24,8	16,78	1,05	2,10	---	984,45	928,90	95,08	---	---	---	---	---	---	

Fuente: -Elaboración propia a partir de los mapas: "Hipsométrico", "Cultivos y Aprovechamientos" y "Fisionómico de la Vegetación Natural"
 - Información en Km² las superficies y en metros la altitud.

los 0-200 metros, por sus suelos e irrigación, ya que éstas en un 89,00% se cultivan.

I.C. LAS UNIDADES EDAFICAS.

En todo estudio de planificación o de ordenación del territorio con fines agrarios, es de capital importancia el análisis y diagnóstico de todo un conjunto de aspectos o variables físicas, sociales y económicas. En este sentido, el suelo ocupa un lugar esencial al ser el atributo principal y permanente de la tierra y del uso de la misma.

Sin ánimo de entrar en un análisis teórico de definición del suelo, factores formadores y componentes principales del mismo (que por otro lado puede encontrarse en manuales y tratados específicos) (45), sí es imprescindible que para proceder a su conocimiento partamos de una clasificación tipológica y cartográfica como paso previo a cualquier tipo de planificación, en nuestro caso para usos agrarios.

Hoy en día no existe trabajo publicado sobre los diversos tipos de suelos que componen la fisiografía edáfica del área de estudio. Al mismo tiempo son muy escasos los estudios de cierta entidad, totales o parciales, que hagan mención de la misma en este aspecto.

Así podemos citar el Mapa de Suelos de España, a escala

(45) Pueden consultarse, entre otros:

- ALBAREDA HERRERA, J.M.: "El suelo". Edt. S.A.E.T.A. Madrid. 1940
- "Hidrología forestal". 1ª parte. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid. 1976; págs. 15-20.
- BOUCAINE, J.: "Pedologie appliquée" Edt. Masson. Paris. 1980
- DUCHAUFOR, PH.: "Précis de Pedologia". Edt. Masson et Cie. Paris, 1968
- GAUCHER, G.: "El suelo y sus características agronómicas". Barcelona, 1971, págs. 3-4.
- KUBIENA, W.L.: "Claves sistemáticas de suelos". C.S.I.C. Madrid, 1952.
- STORIE, R.E.: "Manual de evolución de suelos". Edt. Uthea. México, 1970

1:1.000.000 publicado por el Instituto Nacional de Edafología "José M^a Albareda", del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (1966), o el Mapa de Suelos de Andalucía Oriental, a escala 1:400.000 elaborado también por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (no publicado). Es indudable que, a tales escalas, estos mapas se quedan, en función de nuestro interés, en una generalización de los rasgos tipificadores del suelo.

Por otra parte, el Ministerio de Agricultura, concretamente el Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas en la Estación de Olivicultura de Jaén, ha efectuado algunos estudios edafológicos para toda la provincia y en zonas concretas que adolecen en parte de profundidad suficiente, y presentan un enfoque bastante diferente al que necesitamos (46).

A falta, por tanto, de una información precisa publicada, hemos tenido acceso a los trabajos de base realizados por el Departamento de Edafología de la Universidad de Granada, dirigidos por el Dr. Aguilar Ruiz, encaminados a la elaboración de un Mapa de Suelos de la Provincia de Jaén a escala 1:200.000, que aún no ha sido publicado. A partir de dicha información se ha procedido a la adaptación de esta cartografía para nuestra zona de estudio, cuyo resultado, cuantitativo y cualitativo, tiene su plasmación en el Mapa Edafológico que presentamos, (Gráfico I-EMS-7).

Por último, y aunque no engloba la zona de estudio, debemos señalar en estos antecedentes la Tesis Doctoral del Dr. Delgado Calvo—Flores (1983) titulada: "Estudio Edafológico de la zona de Linares. Capacidad de Uso de los suelos", que nos ha sido de gran provecho para las características tipológicas y evaluación de usos del suelo, por su paralelismo con nuestra zona.

(46) El trabajo que hemos consultado y conocemos más directamente está realizado para analizar los factores, sobre todo del suelo, que influyen en la producción del olivar.

Para la interpretación de un mapa básico de suelos y el establecimiento de su capacidad de uso agronómico con el fin de buscar una adecuada ordenación del territorio, hay que tener en cuenta el que la utilidad del suelo está en función de una serie de propiedades que se pueden agrupar en tres categorías (FAO, 1976):

- Extrínsecas: que definen el medio en el cual se desarrolla el individuo suelo: relieve, clima vegetación, etc.
- Intrínsecas: que son los integrantes del suelo: Ph, contenido en materia orgánica, profundidad, etc.
- Niveles de manejo: corresponde a todas las prácticas de explotación actuales, potenciales y consecuencias de toda índole (económicas, sociales, físicas, etc..) que estas prácticas acarrear en el medio considerado.

Así, los suelos son el resultado de la acción combinada de estas categorías o factores, de tal modo que, según sus acciones, pueden hallarse en una etapa "facto-genética" o constructiva, o en período destructivo si la capacidad de una o varias categorías o factores al mismo tiempo desequilibra gravemente el proceso.

En nuestro caso, y de ahí el enfoque que le damos a este apartado, debemos de destacar por su importancia cuatro factores de las categorías reseñadas que influyen fundamentalmente en el suelo:

- La naturaleza de la roca madre, sobre la que se desarrolla el suelo a su costa, por razón de la actuación de otros factores (físicos, biológicos y cronológicos).

- Clima o microclima del área considerada, cuyo estudio debe de incluir regímenes de temperaturas, análisis del viento, evapotranspiración, precipitaciones, etc..
- La vegetación, que con su acción físico-biológica altera la roca madre sobre la que se asienta, y que, tras su muerte, se incorpora como componente en el mismo suelo.
- El relieve, que previamente ya se ha estudiado.

Se entiende, pues, que este apartado se estructure partiendo, en primer lugar, del análisis del soporte litológico sobre el que se establecen las diferentes unidades, para en segundo lugar poder describir y señalar las diversas características de las mismas. Sólo entonces estaremos, en el último apartado, en condiciones de abordar la evaluación de estos tipos de suelos con fines agronómicos (47).

I.C.1. EL SOPORTE LITOLÓGICO.

La naturaleza de la roca madre aparece en el Mapa Geológico Esquemático (Gráfico I-EMS-2), descrito y explicado en el apartado anterior (I.A.1.), pero que ahora también nos va a ser de gran utilidad.

En principio, y en general, se pueden establecer relaciones entre la superficie de cada litología y las áreas de actual explotación agraria, observando la gran influencia existente. Así podemos diferenciar como sustratos litológicos favorables los terrenos cuaternarios-Q- (arcilla, arenas) situados en torno al río Guadalquivir y Arroyos Salados, así como los miocénicos-Ms- (margas, margas arcillosas,

(47) Metodológicamente hemos creído más conveniente efectuar el estudio de los suelos junto al de la litología y relieve, mejor que, sobre todo, con el clima.

margas arenosas, margo-calizas) que ocupan una gran extensión en toda la parte central y sur de la zona. Por el contrario, las superficies más desfavorables o difíciles son aquellas en donde predomina una litología del Mioceno Superior-Msa- (calcarenitas) o antigua -O,S,D,Cm,C- (cuarcitas, pizarras, granito), que ocupan toda la parte norte, además de rocas con edad pliocuaternaria-Pl,Q- (conglomerados compactos).

También sabemos, y se puede constatar, de la correspondencia entre áreas más bajas y litología más favorable, en las que, al mismo tiempo, hay una menor pendiente, mientras que por encima de la cota de los 600 metros los terrenos corresponden a un sustrato litológico normalmente adverso y con una ausencia de suelo que suele dificultar la explotación agraria.

De todos modos, y para un mejor desarrollo explicativo de suelos, nos vamos a detener seguidamente en la relación roca madre-unidades de suelos, para lo que se han empleado también criterios de edad, relieve, génesis global del conjunto, vegetación, cultivo, etc...

a. UNIDADES DE SUELOS SOBRE ROCAS SEDIMENTARIAS.

Las rocas sedimentarias son la base de casi todo el conjunto del área estudiada. La antigüedad de sus componentes va desde la época actual hasta el Paleozóico (cuarcitas, pizarras desde el Ordovícico a las arenas y arcillas del Cuaternario). Es un conjunto muy bien representado en donde cabe distinguir como principales tipos de suelos desarrollados sobre esta litología y sin emplear un criterio excesivamente rígido:

a.1. SOBRE CUARCITAS, PIZARRAS, ARENISCAS Y CALIZAS.

Los principales tipos de suelos que aparecen sobre esta litología son:

- Luvisoles crómicos-Cambisoles eútricos con inclusiones de Regosoles eútricos, donde el material que da origen a estos suelos es fundamentalmente la cuarcita. Se sitúan en todo el norte, en la zona más montañosa, y de pendientes más pronunciadas.

Los afloramientos rocosos son frecuentes, y constituyen, junto con la pendiente, el factor limitante de esta unidad. Al mismo tiempo, la pedregosidad y una erosión fuerte, condicionan y restringen el uso de este suelo. Se comprende, de esta manera, el que estos suelos sean escasamente profundos, y el que la vegetación no sea un elemento importante, predominando el pastizal y el matorral.

- Regosoles eútricos-Litosoles-Cambisoles eútricos, que aparecen en mayor extensión que los precedentes también al norte (occidental, centro y oriental), así como por encima del Guadalquivir en Marmolejo.

La roca madre sobre la que se asienta esta unidad son las pizarras no muy fracturadas, aunque la pedregosidad y la rocosidad son elevadas. Los riesgos de erosión van de medios a elevados, sobre todo por la destrucción de la cubierta vegetal. El tipo de suelos más evolucionado es el Cambisol eútrico, fértil física y químicamente, pero que mantendrá su ciclo activo siempre y cuando la vegetación actual (pinar, encinar, pastizal y matorral) no desaparezca, ya que es un elemento importante para su riqueza.

- Regosoles eútricos-Cambisoles eútricos con inclusiones de Litosoles. Es la unidad que ocupa mayor superficie en el centro y norte sobre un material de pizarras y granito. Es muy similar a las unidades anteriores, así como a la que se desarrolla preferentemente

sobre granito. La pedregosidad y rocosidad son importantes. Las pendiente de moderadas a fuertes, y los riesgos de erosión medios.

El paisaje vegetal más común es el matorral, pasando por encinares adhesados y pastizal.

Normalmente estos tipos de suelos sobre granito suelen ser más profundos que en pizarras y más arenosos, aunque también depende de la profundidad de las pizarras, lo que está en función de su estructura. De cualquier forma, estos suelos, al igual que los anteriores, en zonas de vaguadas o llanas, son susceptibles de cultivo.

El tipo más común de suelo es el Regosol eútrico de escasa profundidad, textura franca, Ph ácido y ausencia de carbonatos.

a.2. SOBRE ARENISCAS, ARCILLAS, CONGLOMERADOS Y YESOS

El Trías en su "facies" de areniscas y conglomerados, así como de arcilla, aflora, como se puede observar en el "Mapa Geológico Esquemático". Gráfico I-EMS-2, de forma discordante sobre el Paleozóico en numerosos puntos del centro y sur del área (sobre todo por encima de Andújar, Marmolejo y Espeluy).

Las características generales de esta unidad son presentar poca pendiente y una erosión moderada.

Los suelos que se desarrollan son:

- Cambisoles cálcicos, que tiene prácticamente las mismas propiedades que los de la unidad 3, pero sin ir asociados a regosol. Es decir, se asientan preferentemente sobre las areniscas, presentando

buenas condiciones físicas desde el punto de vista de la permeabilidad y escorrentía, lo que unido a su riqueza en nutrientes y carbonatos, posibilita la dedicación de este tipo de suelos al viñedo y, por supuesto, al olivar.

- Cambisoles cálcicos-Cambisoles vérticos. Son suelos bastante parecidos a los de la unidad anterior, salvo que en vaguadas hay un mayor aporte de elementos finos por materiales arrastrados de zonas circundantes y cambia a cambisol vértico, lo que origina un aumento de espesor.

La pedregosidad es variable, pero el tamaño de los cantos no interfiere la labranza.

Su cultivo óptimo debería ser el de suelos pesados: algodón, cereal y garbanzos, porque presenta una fisiografía propia para ello: pendiente pequeña pero plana y uniforme, lo que, unido a un drenaje interno pobre, condiciona una escorrentía moderadamente rápida, con una permeabilidad del suelo lenta. Sin embargo, el uso de estos suelos, en su mayor parte, es el olivar.

a.3. SOBRE MARGAS, CALIZAS MARGOSAS, CALCARENITAS Y ARCILLAS DEL MIOCENO.

Cerca de la mitad del área total pertenece a esta litología, está situada en el centro y sur, es decir, en toda la zona alomada definida como Campiña. Es, por lo tanto, la unidad de mayor extensión presentando los siguientes tipos de suelos:

- Regosoles calcáricos-Vertisoles crómicos y Cambisoles vérticos, que se desarrollan sobre margas y arcillas fundamentalmente. Las pendientes son suaves, y la

pedregosidad y rocosidad prácticamente nula.

El uso que se hace de esta unidad es casi con exclusividad cultivo del olivar, cereal-barbecho o girasol, no habiendo encontrado otro empleo. En la zona sur (Porcuna, Arjona, Fuerte del Rey) es más dominante el cultivo del olivar, mientras que en el área central (desde Mengíbar a Arjonilla y Lopera) se emplea esta unidad de una manera más diversificada: cereal-olivar-girasol. Se distribuyen, pues, estos cultivos, no en función de las características del suelo, sino en relación a la socioeconomía de la zona. De todos modos, la textura de la marga (muy pesada: 80-90 cms, aunque en algún caso es menor la profundidad), la pendiente, y otras características culturales no justifican este uso, que pensamos es un problema de costumbres. Su utilización más óptima estaría en el algodón o garbanzo.

El material original de esta unidad condiciona su textura fina, lo que provoca condiciones asfixiantes, con una baja permeabilidad, pero fácilmente calable, presentando un drenaje externo rápido, e interno lento. Esto lleva consigo que una gran parte del agua que reciben estos suelos se elimina por escorrentía superficial, mientras que la poca cantidad que los suelos absorben queda retenida fuertemente, encontrándose húmedos durante períodos significativos de tiempo (prácticamente durante todo el verano tienen asegurada su alimentación hídrica). Así se hace comprensible el que la utilización del riego en estos suelos deba de hacerse por aspersión o goteo, con objeto de evitar encharcamientos.

Asimismo los riesgos de erosión hídrica en caso de lluvias torrenciales son muy elevados y, sin embargo, con aguas bien repartidas y suaves son escasos o nulos.

Por ello, mientras son suelos que presentan unas buenas condiciones químicas (ricos en nutrientes, no en micronutrientes, como manganeso, cinc, hierro, etc..., debido a que su pH es neutro), físicamente son poco aptos.

El suelo dominante en esta unidad es el Regosol calcárico sobre la marga o coluvio, de color que oscila entre gris claro y gris oliva, y en algunos casos presenta manchas verdosas de reducción.

Como suelo asociado y separable a mayor escala por presentarse en coluvios de pie de ladera o en zonas de menor pendiente y vaguadas, se encuentra el Vertisol crómico, con unas características similares a las del suelo anterior, si bien el color es más oscuro debido a la acumulación de materiales más finos y a los continuos procesos de hinchamiento y contracción de sus arcillas. La estructura está algo más desarrollada con grietas y cuñas que no suelen ser apreciables en superficie por prácticas de cultivo.

También en las vaguadas se desarrollan materiales que por su composición tienen propiedades vérticas. Por el contrario, en zonas de pendiente se observa un Cambisol vértico, posiblemente originado por una textura más gruesa.

a.4. SOBRE ARENAS, ARCILLAS Y CONGLOMERADOS.

En el centro del área, entre los materiales paleozóicos-triásicos al norte y los miocénicos al sur, salvo medianas extensiones cerca de Arjonilla y Porcuna, se sitúa este tipo de litología que ofrece cierta complejidad y en donde debemos diferenciar:

- Una formación de edad pliocuaternaria que corresponde al relleno de relieves de detalle, constituida fundamentalmente por: conglomerados de cuarcita y caliza, aunque en todos los niveles existen arenas, tobas margosas y caliches, debidos a la evolución de pequeñas lagunas residuales; y conglomerados y arenas de poco espesor sobre materiales triásicos (es la "raña" señalada por los geólogos en la parte nororiental del río Guadalquivir).
- Una gran formación perteneciente al Cuaternario con una litología bastante más nítida y fina: arcillas y arenas, que se sitúa en los distintos niveles de aterrazamiento del Guadalquivir y afluentes.

Distinguimos, pues, en este apartado y siguiendo con nuestra relación litología-unidades de suelos, entre:

Unidades de suelos sobre superficies pliocuaternarias, donde diferenciamos una doble tipología de suelos:

- Cambisoles cálcicos-Regosol calcárico e inclusiones de Luvisoles crómicos o cálcicos.

Aparece esta unidad en las proximidades de Arjonilla, fundamentalmente sobre conglomerados. La pedregosidad es variable, pero pequeña, con zonas donde por la escasa profundidad del suelo, el alboreo acarrea trozos de costra calcárea endurecida, que se quedan en superficie y dan una mayor pedregosidad. La rocosidad no es muy elevada. El drenaje hay que evaluarlo teniendo en cuenta que la escorrentía superficial es media. El drenaje interno es lento, la pendiente pequeña, el almacenamiento de agua es asimismo pequeño, y la cubierta vegetal es de poca eficacia. Todo condiciona el que sean unos suelos moderadamente bien drenados. Los riesgos de erosión son medios y tiene una buena permeabilidad.

El suelo dominante es un Cambisol cálcico, sobre acumulaciones de carbonato cálcico, con caracteres de: textura franco-limosa, pH básico y un cierto contenido en carbonatos.

Por todo ello presenta buenas condiciones desde el punto de vista físico y químico, con lo que son suelos aptos para el cultivo, siendo su uso casi exclusivo en la zona del olivar, si bien en algún punto se da el viñedo.

Junto al Cambisol cálcico se presenta el Regosol calcárico que es una consecuencia de la erosión del anterior, y tiene unas características similares, pero con menos profundidad y mayor pedregosidad.

También existen inclusiones de Luvisoles crómicos o cálcicos, que son suelos relictos formados en épocas más húmedas que las actuales, y que han resistido, en parte, a los procesos erosivos.

En relación a la unidad 1 del Mapa, en medio de la cual aparece esta unidad en medianas o pequeñas extensiones, son éstos unos suelos con mejores condiciones.

- Luvisol taptó rúptico-Luvisol crómico. Son suelos, a diferencia de los anteriores, desarrollados sobre conglomerados y arenas, así como sobre materiales sobre todo triásicos, procedentes de áreas circundantes. Se localizan en la parte centro oriental del área, por encima de las terrazas del Guadalquivir, no pudiendo encuadrarlos como suelos de terraza debido a la influencia de los materiales señalados.

La fisiografía de esta unidad es de superficies llanas o casi llanas, separadas por zonas de fuerte pendiente. La pedregosidad es variable, sin que

el tamaño de las piedras sea suficiente para impedir la labranza, aunque sí puede dificultarla. La escorrentía va de media a rápida, con una permeabilidad y drenaje interno del suelo lento. La vegetación tiene poca eficacia de protección del suelo. Los riesgos de erosión van de moderados a fuertes.

El suelo dominante es el Luvisol crómico, hecho que no encaja con la definición dada. Una explicación puede ser el que el Luvisol taptó rúptico ha sido erosionado casi completamente, descendiendo de espesor. De igual manera se ha producido una aportación de materiales por parte de las áreas próximas. El gran contenido en cantos redondeados, durante los fenómenos de hinchamiento-retracción, debidos a los cambios de humedad frecuentes en la zona, es un elemento bastante orientador de la arcilla, igualmente la no existencia de carbonatos favorece la iluviación.

Las características de estos suelos, donde el Luvisol ha descendido del escaso espesor por la erosión, son: textura franca, pH neutro o levemente básico, y color oscuro. Al ser químicamente suelos ricos, con buena retención de agua y regular permeabilidad, son relativamente fértiles, presentando el inconveniente del escaso espesor en determinados puntos.

El uso casi exclusivo es el olivar.

Unidades sobre superficie cuaternarias. Son unidades sobre materiales aluviales recientes con características muy similares a los cuatro niveles de terraza que se pueden distinguir morfológicamente en el río Guadalquivir, ya que no por su composición, al ser esta poco variable y en la cartografía geológica se expresa como conglomerados, arena y arcillas.

La fisiografía de todas las unidades que aparecen es muy similar y con pocas variaciones. Se trata de un conjunto de superficies llanas o casi llanas, separadas por algunas zonas de moderada pendiente.

El uso de estos suelos es un dato importante a considerar, ya que por su carácter, condiciones de profundidad y textura son susceptibles a ampliar en ellos los cultivos de regadío, con la consiguiente importancia económica y variabilidad en la producción que esto conlleva.

Distinguimos en esta formación las siguientes unidades de suelos:

- Luvisol cálcico. Es un suelo que no se ha formado sobre un aluvión calcáreo, que correspondería a un nivel de terraza, sino por acumulación de materiales finos procedentes de la misma Sierra Morena. Las labores agrícolas y el abarrancamiento han ido extendiendo este suelo sobre partes altas de las terrazas.

La pedregosidad es nula igual que la rocosidad, aunque suelen tener cantos que le dan mayor permeabilidad. Están moderadamente bien drenados, con una escorrentía superficial media.

Es un suelo con ciertas propiedades vérticas, por la gran acumulación de arcilla, y presenta, además, las siguientes características: textura fina, arcillosa, que puede crear problemas de encharcamiento en determinadas zonas (con profundidad mayor de 70 cms.), pH ligeramente básico, y rico en nutrientes.

Son suelos relativamente fértiles, y en donde con regadío se cultiva el algodón, no dándose mayor diversificación; mientras que en áreas de secano se cultiva el cereal y es poco frecuente el olivar.

- Cambisol eútrico, cuyo material original es un aluvión calcáreo de textura más arenosa que arcillosa, y se ha delimitado en el mismo valle, junto al río Guadalquivir (tierras de Villanueva de la Reina y Andújar).

La pedregosidad es variable, pequeña, aunque las piedras son de pequeño tamaño y, al igual que las demás unidades de este conjunto, no interfieren la labranza o laboreo.

Son suelos profundos, y el drenaje, como ocurre en todos los suelos sobre material aluvial, es bajo, ya que la escorrentía es lenta debido a la poca pendiente y gran almacenamiento superficial. La permeabilidad es moderadamente más lenta. Los riesgos de erosión son escasos o nulos.

El suelo dominante es el descrito como un Cambisol eútrico con características de: textura arenosa, pH ácido, rico en nutrientes, aunque tienen un abonado intensivo y reciben aportes de agua adicional mediante riego.

El uso es de cultivo intensivo: hortalizas, algodón, árboles frutales e, incluso, cereal de regadío.

- Fluvisoles calcáricos que son suelos, como los anteriores, de vega, sobre Cuaternario actual, de ahí el que esta unidad sea de mayor extensión que la precedente, destacándose gran cantidad de este tipo de suelos en el Valle del Guadalquivir (vegas de Andújar), y en los numerosos arroyos que van a parar a él.

El agua útil es, como se podría indicar también para la unidad anterior, un dato variable que por

término medio puede estar en 200 mm o más. Sin embargo este valor no tiene gran importancia para el desarrollo vegetal, ya que la capa freática se encuentra a poca profundidad.

En lo referente a las condiciones de drenaje interno del suelo, este es lento, consecuencia de la capa freática. La permeabilidad es rápida, y la escorrentía lenta o muy lenta, recibiendo aportes adicionales de agua.

Presenta este suelo una textura no uniforme, que oscila de franca a franco arenosa, y en algunos casos limo-arenosa. El pH es básico, y contenido en carbonato cálcico.

Son, pues, suelos ricos en nutrientes, aunque como los anteriores tienen un abonado intensivo.

En lo referente al uso de los fluvisoles tienen un cultivo de regadío intensivo: hortalizas en primer lugar, algodón y árboles, y menos cereal. Es decir, prácticamente igual aprovechamiento que los anteriores suelos.

b. UNIDADES DE SUELOS SOBRE ROCAS PLUTONICAS Y METAMORFICAS

Es un conjunto bien representado geológicamente en el área, localizado en la parte norte central, en donde encontramos un gran plutón granítico, ya descrito en el capítulo precedente (corresponde a la unidad definida como Batolito de Los Pedroches), y a ambos lados un material del Carbonífero: corneanas, esquistos, filitas y pizarras con metamorfismo de contacto.

El tipo de suelos que encontramos en esta formación fundamentalmente se puede clasificar, de menor a mayor extensión superficial, como:

- Luvisoles crómicos-Cambisoles eútricos con inclusiones de Regosoles eútricos, que sólo aparecen en pequeñas manchas, ya que su material original es, sobre todo, la cuarcita, por lo que ya fue comentado en el apartado correspondiente.
- Regosoles eútricos-Litosoles-Cambisoles eútricos, que se asientan sobre todo en pizarras no muy fracturadas, por lo que en esta formación tiene una representación muy reducida. De ahí el que también la descripción de la misma se hiciese anteriormente.
- Regosoles eútricos-Cambisoles eútricos con inclusiones de Litosoles, que por ser unos suelos desarrollados sobre material de pizarras y granito, alcanza sobre rocas plutónicas y metamórficas bastante mayor extensión que los dos precedentes. Sin embargo, y por la misma causa metodológica indicada en los casos anteriores, también fue explicado junto con aquellos.
- Cambisoles eútricos-Phaeozems háplicos-Regosoles eútricos. Es, de los tipos de suelos señalados, el que ocupa una mayor extensión y tiene un desarrollo claro sobre el granito y las rocas metamórficas. Por lo tanto, es la unidad representativa de esta formación litológica, de ahí el que pasemos a un comentario del mismo más detenido.

b.1. SOBRE GRANITO, ROCAS FILONIANAS, CORNEANAS, ESQUISTOS Y FILITAS.

Como se acaba de indicar, los suelos cuyo desarrollo, de una forma clara, se realiza sobre esta litología son los de la unidad que a continuación se comenta:

El tipo de suelos que encontramos en esta formación fundamentalmente se puede clasificar, de menor a mayor extensión superficial, como:

- Luvisoles crómicos-Cambisoles eútricos con inclusiones de Regosoles eútricos, que sólo aparecen en pequeñas manchas, ya que su material original es, sobre todo, la cuarcita, por lo que ya fue comentado en el apartado correspondiente.
- Regosoles eútricos-Litosoles-Cambisoles eútricos, que se asientan sobre todo en pizarras no muy fracturadas, por lo que en esta formación tiene una representación muy reducida. De ahí el que también la descripción de la misma se hiciese anteriormente.
- Regosoles eútricos-Cambisoles eútricos con inclusiones de Litosoles, que por ser unos suelos desarrollados sobre material de pizarras y granito, alcanza sobre rocas plutónicas y metamórficas bastante mayor extensión que los dos precedentes. Sin embargo, y por la misma causa metodológica indicada en los casos anteriores, también fue explicado junto con aquellos.
- Cambisoles eútricos-Phaeozems háplicos-Regosoles eútricos. Es, de los tipos de suelos señalados, el que ocupa una mayor extensión y tiene un desarrollo claro sobre el granito y las rocas metamórficas. Por lo tanto, es la unidad representativa de esta formación litológica, de ahí el que pasemos a un comentario del mismo más detenido.

b.1. SOBRE GRANITO, ROCAS FELONIANAS, CORNEANAS, ESQUISTOS Y FILITAS.

Como se acaba de indicar, los suelos cuyo desarrollo, de una forma clara, se realiza sobre esta litología son los de la unidad que a continuación se comenta:

- Cambisoles eútricos-Phaeozems háplicos-Regosoles eútricos. El material original es el granito y las rocas con un alto grado de metamorfismo.

Es una unidad que se establece en toda una gran zona o penillana, donde unas pendientes son suaves y otras más quebradas. La pedregosidad es abundante y los fragmentos son groseros. Los afloramientos rocosos son bastante frecuentes y se incluyen en asociación; constituyen las clásicas formaciones, sobre todo en partes altas de los cerros, con una morfología propia del granito.

La escorrentía superficial es rápida, y está condicionada por una cobertura vegetal no muy abundante; una permeabilidad alta que contrarresta con una saturación acelerada y poco almacenamiento superficial. Drenaje rápido e intenso. Los riesgos de erosión, teniendo en cuenta estos factores, pueden ser muy elevados, tanto de tipo hídrico como eólico, si bien hay que tener en cuenta que también depende del grado de pendiente de la zona.

El suelo más frecuente es el Regosol eútrico a la vez que el Cambisol eútrico. El primero presenta las características de: variación en profundidad, color y contenido en materia orgánica dependiendo de la densidad de vegetación que soporte el suelo; textura que varía entre franco arenoso y arenoso franca; pH ácido. En las zonas más llanas aparece juntamente con el Cambisol eútrico.

Sobre estos suelos son frecuentes el pastizal con arbolado de encinas o sin arbolado, y el matorral con arbolado de encinas o sin él. Son mencionables asimismo áreas en que la vegetación es muy escasa y corresponde a formas de degradación del encinar.

El uso que se hace de estos suelos suele ser el del pastoreo de reses bravas o ganado mayor para carne.

I.C.2. CARACTERISTICAS TIPOLOGICAS DE LOS SUELOS.

A falta de trabajos publicados sobre el área de estudio, se ha establecido para este apartado un paralelismo metodológico y de criterios, siempre que ha sido posible, con las características tipológicas que el Dr. DELGADO CALVO-FLORES expone en su Tesis (1983; págs. 361-915), al mismo tiempo que hemos contado con la información y observaciones al respecto del Dr. Aguilar Ruiz.

Nos vamos a referir, pues, a las principales características tipológicas de los suelos, tales como: clasificación de la FAO y americana, estudio mineralógico, estructura, textura, algunos caracteres analíticos, etc.. Todo ello sin entrar en caracteres macromorfológicos de los perfiles en los distintos tipos de suelos, ya que es algo que escapa a nuestro objetivo y, al mismo tiempo, es tema de especialistas en la materia.

Consideramos este apartado importante, puesto que a través del mismo podemos acercarnos al conocimiento de la aptitud agraria de los suelos. Algo de gran valor para abordar la última parte de este estudio edafológico.

a. LITOSOLES.

Son suelos que están limitados en profundidad por roca continua, coherente y dura. En nuestro caso el material original es sobre todo el de cuarcitas, pizarras y granito.

Según la clasificación de la FAO es el tipo de suelo que presenta menos problemas por sus características para su clasificación. Son litosoles (I).

En la clasificación americana son igualmente suelos muy poco desarrollados, lo que es lógico si tenemos en cuenta que estos suelos, por definición, tienen menos de 10 cms, por tanto tienen un contacto lítico y se corresponden con los Lithic Laverthent.

Esta característica de muy pequeño espesor es la que condiciona todas las propiedades de estos suelos, así su agua útil es necesariamente siempre muy pequeña, y en general su aprovechamiento nulo o limitadísimo.

b. REGOSOLES

Son suelos procedentes de materiales no consolidados, que en el área ocupan una gran extensión y aparecen junto a otro tipo de suelos constituyendo unidades bien definidas.

Se desarrollan sobre material original diverso: desde granitos, pizarras y cuarcitas a areniscas y margas.

Distinguimos dos tipos:

b.1. REGOSOLES CALCÁRICOS.

Por el sistema FAO son Regosoles calcáreos (Rc), y en la clasificación americana entra en el orden Inceptisoles, concretamente Calcixerollic, Typic xerorthent

Como caracteres más importantes a destacar es que la roca madre más frecuente de estos suelos es la marga, pero no es excluyente el que también se formen sobre arcillas triásicas e incluso sobre arenas.

Estos suelos, en su mayor parte, se dedican al cultivo del olivar, pero también al cereal, girasol, e incluso al algodón y pastos.

Las pendientes van de moderadas, en algunos casos, a elevadas. La pedregosidad es prácticamente nula y la erosión a que están sometidas es escasa.

La textura que presentan refleja la variabilidad de la roca madre, por lo que normalmente es franco arcillosa en superficie, y arcillosa en profundidad. La estructura es bastante homogénea ya que sólo varía de bloques subangulares a bloques angulares. El contenido de grava es pequeño, y, por el contrario, el de elementos finos es grande, lo que también es consecuencia de la roca sobre la que se origina.

b.2. REGOSOLES EUTRICOS

Se han clasificado según la FAO como Regosoles eútricos (Re). En la clasificación americana se encuadrarían en el orden Entisols, suborden Orthent, y el régimen de humedad es xérico, pertenece por tanto al gran grupo de Xerorthent.

Son suelos desarrollados normalmente sobre granito en una pendiente de moderada a alta y bajo una vegetación sobre todo de encinares adhesados. Estos suelos suelen estar dedicados a pastizales para ganado vacuno y alternan con litosoles y afloramientos rocosos.

Presentan un color pardo. La textura es homogénea en todo el perfil y oscila de franco arenosa a arenosa franca, y la estructura es en bloques subangulares. No presentan nódulos y carbonatos.

Dado el poco espesor de estos suelos y su textura arenosa presentan una reserva de agua utilizable muy baja, que va a originar periodos de sequedad muy prolongados. El valor en nutrientes es bajo e igualmente la capacidad de cambio. El pH tiene valores próximos a 6.

Se trata de suelos muy jóvenes en los que ha tenido lugar una débil alteración puesta de manifiesto sobre todo en el horizonte A; pero esta alteración es muy débil, tanto que no llega a originar un horizonte cámbico. El suelo es pues un regosol asentado básicamente sobre granitos, con un escaso desarrollo condicionado por la ausencia de una vegetación espesa y una pendiente que en algunos casos es elevada.

c. FLUVISOLES.

Sólo aparece en nuestra área de estudio el tipo de fluvisoles calcáricos sobre materiales recientes que pasamos a comentar en cuanto a sus características.

c.1. FLUVISOLES CALCÁRICOS.

A la hora de clasificar estos suelos según el sistema FAO no se plantea ningún problema ya que todos ellos están desarrollados sobre materiales aluviales recientes. Como además son calcáreos, se trata pues de fluvisoles calcáricos (Jc). En la clasificación americana, como además de las características enunciadas muestran una distribución irregular de materia orgánica, los suelos pertenecen pues al suborden Fluvent, y, al presentar un régimen de humedad Xérico, al gran grupo de los Xerofl-uvent.

Al ser suelos formados sobre materiales aluviales y que presentan una capa freática a una profundidad variable, están generalmente húmedos. Al mismo tiempo, son suelos sometidos a una erosión hídrica moderada, carentes de pedregosidad y de afloramientos rocosos. Están situados en llanuras de vega o en cauces de poca pendiente de ríos, y se dedican usualmente a cultivos de regadío intensivo hortícolas.

Estos suelos presentan una textura arenosa o a lo sumo franca, lo que hace que estén excesivamente drenados. El contenido en gravas es muy pequeño. El pH de estos suelos

es francamente alcalino, de forma que está siempre por encima de 8. El contenido en materia orgánica es pequeño, y asimismo son pequeños los contenidos en nitrógeno y fósforo, mientras que el potasio es medio, considerado de forma global. De todas maneras hay que tener en cuenta que estos suelos presentan un abonado intensivo.

Los valores de la capacidad de cambio son pequeños, como corresponde a su textura y contenido en materia orgánica, de forma que, en algún caso, puede llegar a ser factor limitante en una clasificación agrológica de los suelos. Son suelos saturados principalmente por calcio y también por magnesio, mientras que las cantidades de sodio y potasio resultan minoritarias. Su bajo contenido en arcilla les lleva a una baja retención de humedad, así como de agua útil.

El estudio mineralógico de la fracción arena fina de estos suelos nos refleja los diversos materiales por los que el río pasa, que los va a llevar en solución o suspensión y va a ir depositándolos de manera más o menos brusca o gradual en terrenos adyacentes. En el río Guadalquivir, que es donde más aparece este tipo de suelos, se ha observado en la fracción ligera que son enteramente carbonáticos, con proporciones de carbonatos superiores al 70%.

d. VERTISOLES.

Son suelos muy bien definidos en nuestra área de estudio, ya que junto a los Regosoles calcáricos y los Cambisoles vérticos forman la gran unidad en extensión que de una manera general ocupa toda la Campiña investigada.

Se distingue un sólo tipo de estos suelos, que pasamos a comentar.

d.1. VERTISOLES CROMICOS.

Si queremos clasificar estos suelos por el sistema

de la FAO la verdad es que resultan bastante homogéneos, de forma que no plantean problemas; se trata, pues, de vertisoles crómicos (Vc). En la clasificación americana se trata de Entic Chromoxerert.

El material original es principalmente margas, y son suelos dedicados fundamentalmente al cultivo del olivar, o a cultivos tales como cereales, algodón o girasol que requieren una textura pesada. Todo los suelos de la zona están situados en un paisaje de colinas, sin pedregosidad ni afloramientos rocosos y sometidos a una erosión débil.

Son suelos de color pardo oscuro en superficie que va aclarando en profundidad. La textura es franco arcillosa en superficie, y arcillosa en profundidad. La estructura es fundamentalmente en bloques subangulares o angulares.

Los carbonatos son abundantes en todos los horizontes y aumentan con la profundidad. El contenido en grava de estos suelos es muy pequeño; por el contrario la cantidad de elementos finos es extraordinariamente elevada, de manera que no sólo el contenido en arcilla es grande, sino también el de limo.

El pH es elevado, como es la tónica general en casi todos los suelos estudiados, al ser tan ricos en carbonatos, presentan valores superiores a 8. El contenido en materia orgánica es medio. La mineralización es importante, pues efectivamente las cantidades de nitrógeno son medias y altas las de potasio, mientras que las de fósforo son bajas pero iguales o algo mayores que las de otros suelos de la zona.

La capacidad de cambio para estos suelos es elevada, como corresponde a su contenido en arcilla. Asimismo son suelos totalmente saturados, lo que es lógico si tenemos en cuenta su riqueza en carbonato cálcico.

La porosidad en general es muy pequeña y está constituida preferentemente por canales y grietas. Sin embargo es elevada la cantidad de agua útil. •

e. CAMBISOLES

Son de los suelos más extendidos en nuestra área de estudio, en donde aparecen los siguientes tipos con las características siguientes:

e.1. CAMBISOLES CALCICOS.

En la mayoría de los casos, se trata de suelos jóvenes, no obstante, en algunas circunstancias nos encontramos con un suelo viejo en el que el horizonte cámbico procede de un antiguo argílico que ha sufrido un importante proceso de terrificación.

En la clasificación de la FAO están en el orden Cambisoles, y como todo ellos son calcáreos en todo su espesor, son pues Cambisoles cálcicos (Bk). En la clasificación americana nos llevan al orden Inceptisoles, suborden Ochrept, y como todos ellos tienen un régimen de humedad xérico al suborden xerochrept.

Respecto de las características analíticas y el estudio mineralógico de la fracción arena fina y de la fracción arcilla, podemos decir a groso modo: son suelos desarrollados sobre gran diversidad de materiales, así sobre cantos, arenas, conglomerados, e incluso sobre limos y material arenoso.

Soportan una vegetación de gramíneas xerofíticas, pero sobre todo estos suelos están dedicados al cultivo del olivar, y en algún caso tienen un uso de cereal y viña. Están implantados todos ellos en zonas llanas o a lo sumo en una pendiente pequeña. La pedregosidad y rocosidad es variable pero de pequeña a moderada.

Presentan un color pardo en superficie que va variando con la profundidad a pardo amarillento, pardo rojizo, amarillo rojizo, o rojo amarillento, lo que es consecuencia del proceso de alteración que rige estos suelos. La textura es franca o franco limosa en superficie y pasa a franco arcillosa en el horizonte cámbico, para a continuación pasar de nuevo a franco limoso o franco-limosa e incluso franca.

La porosidad suele ser abundante en superficie, principalmente poros intersticiales, y disminuye con la profundidad, de manera que los poros son frecuentes en los horizontes cámbicos y escasos en los horizontes C.

La profundidad de estos suelos es grande, por lo que sobrepasan normalmente el metro de profundidad. El contenido en grava es irregular y depende fundamentalmente del material original; así es muy elevado sobre conglomerados, y por el contrario sobre areniscas el contenido es pequeño. Las cantidades de arcilla, de manera general, podemos decir que oscilan entre el 20 y el 30%. De cualquier forma la riqueza de elementos finos de estos suelos (limo + arcilla) está siempre por encima del 50%.

El pH de estos suelos no baja de 8. El contenido en carbonatos es siempre importante y, a veces, muy importante, de forma que pueden llegar a alcanzar valores del 75%. Lo normal es que la distribución de carbonatos aumente de superficie en profundidad, si bien, con una pequeña inflexión, en la mayoría de los casos esto ocurre en el horizonte cámbico.

El contenido en materia orgánica oscila en superficie entre 0,6 y 1,6%, y presenta un decrecimiento perfectamente regular con la profundidad; en consecuencia, a partir del metro, las cantidades de materia orgánica existentes están alrededor del 0,2%.

El contenido en nitrógeno es medio, así como también el de potasio, que igualmente disminuye con la profundidad. En cuanto al contenido en fósforo es más irregular, con muchas oscilaciones con la profundidad.

Los valores de la capacidad de cambio son medios, como también son medianos los de retención de agua, e igualmente moderados los valores de agua útil, que siguen también la secuencia de distribución de la arcilla en los suelos.

La porosidad es abundante en superficie, y está constituida, principalmente, por cavidades y canales, si bien, en algún caso, existen también huecos de empaquetamientos compuestos, y más raramente incluso grietas.

En cuanto a la clase mineralógica es lógico que sea distinta en los mismos, ya que estos suelos, como hemos dicho, se desarrollan sobre distintos tipos de materiales y la clase mineralógica responde a estas diferencias del material original.

Por último indicar que el estudio micromorfológico pone sobre todo de manifiesto el grado de alteración de estos suelos.

e.2. CAMBISOLES EUTRICOS.

De acuerdo con las características que presentan estos suelos, a la hora de clasificarlos según la FAO no existe dificultad, son Cambisoles eútricos (Be). En la clasificación americana, cumplen los requisitos exigidos por el Orden Inceptisoles y concretamente del suborden Ochrepts. Como tienen un régimen de humedad Xérico, pertenecen al gran grupo de los Xerochrepts, y como cumplen todos los requisitos del subgrupo típico, estamos pues ante typic Xerochrepts.

Son suelos desarrollados sobre cuarcitas, areniscas y en la alternancia areniscas-margas, fundamentalmente, aunque también el material original puede ser granito y pizarra. Suelen estar bien drenados. Al mismo tiempo, se implantan sobre pendientes ligeras o moderadas, y están dedicados a un cultivo intenso de cereal, olivar, e incluso a algodón y hortalizas (siempre que el material original sea un aluvi6n calcáreo de textura arenosa y, por lo tanto, sin piedras ni afloramientos rocosos); en otros casos estos suelos tienen un uso de pastizal con arbolado de encina o sin él y de matorral (en este caso el material original es más bien cuarcitas, areniscas, pizarras y granito, donde la pedregosidad es mayor).

Presentan un color pardo amarillento en superficie que se va oscureciendo con la profundidad. La textura es franca en superficie e igualmente se va enriqueciendo, dependiendo del material de base, en elementos finos con la profundidad. La estructura es en bloques subangulares.

Apenas contienen gravas y el contenido en materias orgánicas depende de la densidad de la vegetación, asimismo el contenido en nitr6geno, f6sforo y potasio varía, siendo normalmente pobre o moderado. Su capacidad de cambio es media, sin que resulte en ningún caso factor limitante. Las cantidades de sodio, potasio y magnesio son minoritarias. La retención del agua es moderada, como corresponde a su contenido en arcilla.

e.3. CAMBISOLES VERTICOS.

Se pueden definir rápidamente como intermedios entre los Cambisoles cálcicos y los vertisoles crómicos vistos anteriormente.

f. LUVISOLES.

Son suelos repartidos de una manera diversa en nuestra área, bien sobre areniscas, margas, conglomerados, e incluso sobre material aluvial reciente.

Debemos de distinguir los siguientes tipos con sus características más importantes:

f.1. LUVISOLES CALCICOS.

No presentan problema alguno a la hora de su clasificación por el sistema FAO: son pues luvisoles cálcicos (LK). La clasificación americana nos lleva al orden Alfisol, y como todos ellos presentan un régimen de humedad xérico, el suborden Xeralf.

Están usualmente cultivados de forma intensiva, sobre todo con algodón y menos de hortalizas, cereal u olivar. Se ubican en terrenos llanos o casi llanos, sin piedras, ni afloramientos rocosos y sometidos a una erosión escasa o moderada.

Su textura es muy variable, tanto en superficie como en profundidad, lo que es igualmente debido a la gran cantidad de rocas madres de distinta naturaleza y propiedades que dan origen a estos suelos. Con respecto a la estructura, ésta se presenta en bloques subangulares o en bloques angulares.

El análisis de los mismos nos muestra cómo el contenido en gravas es distinto y diferente en su distribución por horizontes. Es de destacar la gran cantidad de arcilla de estos suelos, sea cual sea el tipo de roca sobre el que se ha originado.

El pH es siempre elevado, de forma que usualmente

presenta valores por encima de 8. El contenido en carbonatos suele ser abundante en todo el horizonte argílico, mientras que la parte superior de este horizonte está exenta, y la parte inferior muy carbonatada. Asimismo el contenido en materia orgánica es bastante mayor que el de los Luvisoles crómicos, y la razón C/N es también elevada, lo que nos indica que la humificación está favorecida sobre la mineralización, al contrario de lo que ocurre en los Luvisoles crómicos. Los contenidos en nitrógeno, fósforo y potasio son bajos.

Por su parte, los valores de capacidad de cambio de estos suelos son elevados, tanto en superficie como en subsuperficie, lo que responde, por un lado, al contenido en materia orgánica de los horizontes superficiales y, fundamentalmente, a un elevado contenido en arcilla. De igual modo, los contenidos en humedad son elevados, dando lugar a detentar una cantidad bastante favorable de agua utilizable.

Por último, resaltar el hecho de que actualmente estos suelos sufren un proceso de degradación y pérdida de materiales como consecuencia del continuado uso con fines agrícolas que se hace de los mismos, más que por una desforestación.

f.2. LUVISOLES CROMICOS.

En la clasificación de la FAO todos ellos poseen las mismas características: son pues luvisoles crómicos (Lc). En la clasificación americana pertenecen al orden Alfisol, y como su régimen de humedad es xérico, suborden Xeralf.

Se desarrollan sobre rocas muy distintas: pizarras, areniscas, mezcla de arcillas y areniscas triásicas, margas, e incluso depósitos aluviales. Están dedicados preferentemente al cultivo del olivar, en algún caso viñedos, a excep-

ción de la zona del Rumblar, en que el relieve más abrupto y la mayor pendiente en que están enclavados, al igual que en la parte norte, oriental y occidental, hacen que se usen para pastos y que tengan una vegetación dominante de matorrales. Lógicamente, y según estas características, la pedregosidad varía de escasa a fuerte.

En relación al agua útil presentan valores, en general, bajos, salvo en la zona del Rumblar o en otras donde la humedad es algo más elevada.

Su composición mineralógica es muy variada como corresponde a la diversidad de rocas madres que dan lugar a estos suelos, pero en general predominan los fragmentos rocosos y es casi constante la presencia de micas, plagioclasas y cuarzo. Presentan siempre un color rojizo o amarillo-rojizo, y están constituidos fundamentalmente por arcilla o arcilla y limo.

La textura que presentan es en su mayoría franco arcillosa en superficie y arcillosa en profundidad. La estructura varía de bloques subangulares a bloques angulares. Como caracteres analíticos sobresalientes indicamos: un contenido en grava en general muy grande, un pH muy irregular (valores entre 5,9 y 8,6), mientras que los contenidos en materia orgánica son bajos. La razón C/N nos indica que predominan los procesos de mineralización sobre los de humificación; sin embargo, los contenidos en fósforo son bajos y medios los de nitrógeno y potasio. La capacidad de cambio es moderada y no va a ser nunca factor limitante en problemas de evaluación.

f.3. LUVISOLES TAPTO RUPTICO.

Son Luvisoles crómicos o cálcicos que tienen interrumpido su espesor por roca coherente y dura.

Resultan suelos muy limitados en superficie con lo que sus caracteres agronómicos están muy disimulados respecto a los suelos originales.

En clasificación americana son Thapto alfic Typic xerorthent, no existiendo correspondencia con la de la FAO, ya que esta clasificación no los contempla.

g. PHAEOZEMS.

Son tipos de suelos que en nuestra área de estudio nos aparecen junto a los Cambisoles eútricos y a los Regosoles eútricos, fundamentalmente sobre un material original de granito y otras rocas con alto o pequeño grado de metamorfismo. Concretamente se localizan en la parte norte, sobre todo en su centro.

Distinguimos un tipo de estos suelos, del que presentamos sus características principales:

g.1. PHAEOZEMS HAPLICOS.

Son suelos con un horizonte móllico, por lo que en la clasificación de la FAO se denominan (Hh). En la clasificación americana se encuadran en el gran grupo de los Haploxerolls, y al estar descarbonatados en los 50 cm superiores, entra en el subgrupo de los Pachic Haploxeroll.

Como se ha indicado es un Phaeozems que presenta un horizonte móllico. Este es un horizonte A que, después de mezclar los 13 cm superficiales (como por laboreo), presenta las siguientes características:

- Estructura suficientemente fuerte como para que el horizonte no sea a la vez macizo y duro, o muy duro, cuando se seca.

- El grado de saturación en bases es igual o superior al 50%.
- El contenido en materia orgánica es, por lo menos, del 4% si las exigencias del calor no se tienen en cuenta, como consecuencia de la existencia de caliza fina.
- El espesor es de 10 cm o más si descansa sobre roca dura.

I.C.3. EL SUELO: SU EVALUACION Y APTITUD DE USO AGRARIO.

El suelo es la principal fuente directa de alimentos. Toda explotación agraria que busca desarrollar al máximo sus posibilidades, con introducción de nuevos cultivos, intensificación de otros, técnicas y prácticas diferentes, etc..., tiene como fin último una mayor producción maximizando los beneficios. Esto requiere una evaluación de la tierra que especifique cuáles son las áreas mejor adaptadas y que ofrecen una alternativa más rentable.

Para poder llevar esto a cabo, como en nuestro caso, de manera que sea útil en una planificación, es necesaria la elaboración de un esquema de evaluación que conjugue todos los datos disponibles con las aptitudes o limitaciones que esos datos inducen en función de un determinado uso, y delimitar clases de aptitud de acuerdo con los valores críticos de las distintas cualidades o características de la tierra para los usos propuestos. Asimismo, es indudable que la aplicabilidad, a medio e incluso largo plazo, de las propuestas de uso son dudosas, ya que dependen de diversos factores que escapan a nosotros: políticos, sociales, económicos.

El esquema de trabajo de este apartado consiste, en primer lugar, en la descripción de una serie de métodos

de evaluación del suelo con fines de uso agrario para, una vez conocidos los resultados de cálculo de los parámetros que utiliza cada método y el peso de los mismos en cada conjunto, proceder, en último lugar, a su valoración (48).

Debemos destacar cinco metodologías de evaluación del suelo para usos agrarios o agronómicos, que al mismo tiempo son las que se han aplicado, y de cuyos análisis procedemos a la valoración final de nuestro suelo:

- Caracterización de la capacidad agrológica de los suelos de España, a escala 1:50.000.

Es un método elaborado por la Dirección General de Producción Agraria del Ministerio de Agricultura (1974), a partir de la remodelación del sistema propuesto por KLINGEBIEL y MONTGOMERY (1961), y está entroncado en un plan nacional, junto con el estudio del clima y el aprovechamiento actual de los suelos, con vistas a un Primer Plan de Ordenación y Explotación de los Recursos Agrarios a escala regional.

Parte de la definición y de los conceptos de "capacidad productiva" y de "pérdida de la capacidad productiva", para definir la capacidad agrológica como un sistema de producción máximo que minimice las pérdidas de potencialidad.

Los parámetros que utiliza este método para la evaluación son diferentes según los conceptos que define y en los que opere: extrínsecos (clima, pendiente del terreno, erosión aparente del mismo) e intrínsecos (profundidad del suelo, textura, permeabilidad, pedregosidad y/o rocosidad, salinidad y

(48) Indudablemente que no vamos a entrar en una evaluación y valoración pormenorizada de cada tipo de suelo, ya que no es nuestro cometido, sino que a partir de la información recogida de los trabajos realizados en el Departamento de Edafología de la Universidad de Granada, llegaremos a una serie de conclusiones para grandes unidades que tienen relación con una litología determinada, manteniendo así el mismo planteamiento metodológico con que comenzamos esta parte.

sistema de manejo.

Como "fallos" de este método español, DELGADO CALVO-FLORES (1983, pág. 944) que lo ha aplicado, al igual que otros sistemas en su zona de estudio, indica: "la poca objetividad de la evaluación de la fertilidad, y el exceso de pragmatismo en el caso de la erosión".

- Evaluación de la fertilidad.

Se trata del método que sigue el esquema propuesto por BUOL et al (1975) denominado "Soil Fertlity Capability Classification", y que DELGADO CALVO-FLORES (1983), con ciertas modificaciones, ha aplicado al área de Linares (Jaén).

Se basa en la clasificación de un suelo efectuada en tres niveles o categorías: la primera, el "tipo", se determina por la textura de la capa arable o de los primeros 20 cms, si ésta es delgada; el tipo de sustrato es el segundo nivel, y es la expresión de la textura del mismo cuando existe un cambio significativo dentro de los primeros 50 cms del suelo; y el tercer nivel está constituido por las "condiciones modificadoras", que son aquellos parámetros, químicos o físicos, que influyen de una manera negativa en la fertilidad del suelo y están referidos a la capa arable o a los primeros 20 cms.

- Evaluación de la productividad agraria.

Este método, elaborado por RIQUIER, BRAMAO y CORNET (FAO, 1970), parte del concepto básico de que la productividad agraria de los suelos, bajo condiciones óptimas de manejo, depende de las características intrínsecas de los mismos. La introducción de prácticas de mejora conduce a una productividad potencial o potencialidad. El cociente entre la productividad y la potencialidad es el denominado cociente de mejora.

El concepto de productividad se define como la capacidad para producir cierta cantidad de cosecha por hectárea y año, expresada como porcentaje respecto de la productividad óptima, que es la de un suelo en su primer año de cultivo.

Para la evaluación se parte sólo de los factores intrínsecos (humedad, drenaje, profundidad efectiva, textura, estructura, contenido en materia orgánica, etc.); los extrínsecos se aplican exclusivamente cuando se trata de potencialidad, efectuándose esta evaluación sobre tres niveles: cultivo de plantas someras (pastos), cultivos agrícolas y plantas de enraizamiento profundo (bosques y árboles no forestales).

Así, el índice de productividad es independiente de todos los factores tanto físicos como socioeconómicos que pueden condicionar la necesidad de un determinado cultivo.

- Determinación de la capacidad agrícola.

Método que se debe a BEGON, J.C. y A. MORI (1980), C.N.R.A. Ministerio de Agricultura (Francia), y que sólo utiliza parámetros físicos para determinar la capacidad agrícola de los suelos.

Es aplicable esta metodología cuando los factores socioeconómicos son importantes, frente a los caracteres físicos del suelo. Esto ocurre en zonas de agricultura intensiva con una práctica homogénea, en regiones con un tipo de cultivo muy especializado, en cultivos forestales, en zonas con un factor limitante muy concreto (suelos hidromorfos), o en sitios donde la expansión de la ciudad haga necesaria una evaluación correcta del suelo.

El método en esencia consiste en la determinación de parámetros que condicionan los principales usos

de la tierra y el peso de cada parámetro para un uso determinado. Por otro lado, el sistema de clasificación es análogo al propuesto por la FAO, estableciendo las clases de capacidad de acuerdo con el tipo de cosechas y la intensidad del laboreo posible.

Se deduce de este método que sólo es aplicable a zonas con un clima homogéneo y requiere modificaciones en este sentido para su proyección interregional. Tampoco se puede utilizar en zonas montañosas.

- Aptitudes del suelo para usos agrícolas.

Ficha técnica del Instituto Nacional Agronómico París-Grignon. Departamento de Ciencias de la Tierra (1974). Impartido durante el curso de Ordenación del Territorio coordinado por N. FEDOROFF (año 1978). Francia.

Se aplica este método sobre mapas básicos, aunque también puede emplearse en el campo para levantamiento de mapas de aptitudes agrícolas. En principio consiste en establecer qué parámetros del suelo influyen sobre la aptitud agrícola y en qué medida, procediendo a su evaluación cuantitativa; entre ellos destacamos: caracteres del suelo (profundidad, textura, contenido en fragmentos gruesos, tipo de estructura y estabilidad, fertilidad potencial, etc..), caracteres físicos, etc...

Se trata de un método bastante útil y que al mismo tiempo sirve para confirmar o no conclusiones a las que se ha llegado con las anteriores clasificaciones.

A partir de ahora, y como ya se ha mencionado, entramos en la discusión y conclusiones a que nos lleva la aplicación de los distintos sistemas de evaluación y clasificación en las unidades de nuestro Mapa de Suelos. Para agilizar la exposición, cuando hagamos referencia a una metodología

concreta, emplearemos una designación simplificada. Asimismo el esquema que se ha seguido es el mismo que el de la primera parte: están agrupados los suelos en conjuntos de unidad en relación a la roca madre que sirve de sustento.

a. EVALUACION SOBRE ROCAS SEDIMENTARIAS.

Como hemos podido comprobar, los suelos desarrollados sobre este tipo de rocas son los que ocupan mayor extensión en la zona, al mismo tiempo que presentan una cierta complejidad. Distinguimos:

a.1. SOBRE PIZARRAS.

El uso de estas zonas es casi exclusivamente el pastoreo de ganado vacuno (reses bravas o de carne), lo que viene confirmado por los caracteres de estas "tierras": pendientes fuertes normalmente, pedregosidad y rocosidad elevadas, y profundidad del suelo pequeña.

El grupo de fertilidad es de "tipo" franco con un contacto lítico a menos de 50 cms, y como modificante principal presenta la falta de humedad en verano.

El sistema de RIQUER-FAO califica a estos suelos como inadecuados para el cultivo, aptos para pastizales, con un índice bajo de productividad para árboles, como consecuencia de la escasa profundidad del suelo. Los riesgos de erosión hídrica están entre medios y altos, sobre todo estos últimos, lo que está relacionado con unas pendientes normalmente fuertes. Estos riesgos condicionan, junto a la pedregosidad y rocosidad, que las clases de aptitud agrícola sean calificadas por el sistema Español y el correspondiente al INA como inadecuadas para el cultivo. Por otro lado, el índice de capacidad agrícola del CNRA confirma estas aptitudes con valores bajos.

En definitiva, las unidades de suelos sobre pizarras situados en el norte de nuestra zona son tierras adecuadas para el pastoreo; teniendo en cuenta que las prácticas de manejo deben considerar los riesgos por erosión, es recomendable la sustitución de la práctica de quemado de matorrales, para la creación de pastos, por el desbrozado mecánico y la fertilización. Además, por las características que presenta el paisaje y la vegetación, no es despreciable la consideración de estas zonas como reservas naturales.

a.2. SOBRE ARENISCAS Y ARCILLAS.

Son áreas de poca pendiente y con características de suelo que le lleva a unas buenas condiciones para el cultivo. Así, por el sistema del Ministerio de Agricultura español, son calificadas como de buena aptitud para el cultivo.

En lo referente a grupos de fertilidad, son suelos francos con un subtipo igualmente franco y en algunos casos arcilloso. En cuanto a modificaciones, bien moderada o severamente, acusan una falta de agua en el período de verano, y en la mayoría el factor carbonato cálcico es limitante para algunos tipos de plantas.

El índice de productividad de RIQUER-FAO califica a estos suelos como adecuados para todos los cultivos agrícolas, con muy buena aptitud para pastos y moderada para árboles, sumando a estos el factor carbonato cálcico que puede afectar a las raíces medias y profundas.

En el sistema del I.N.A. se califican en función de la susceptibilidad a la erosión con buena o muy buena aptitud. Los riesgos de erosión hídrica son, en la mayor parte, moderados o ligeros. En el aspecto de la fertilidad, la presencia de niveles de costra caliza no se puede considerar como una limitación severa para el cultivo, ya que las labores de aradura extraen grandes

trozos y profundizan el suelo. En definitiva, los grados de limitación para el cultivo van de moderados a ligeros, sobre todo por el alto contenido en carbonato cálcico.

Las mejoras recomendables en estos suelos son: regadío, teniendo en cuenta problemas de textura y permeabilidad; profundización del suelo, en casos de costra calcárea cerca de la superficie; abono orgánico; y control de la erosión, pues aunque las pendientes son moderadas o cortas, al tener una longitud considerable, se generan aguas de escorrentía rápidas que provocan una erosión laminar y unos surcos pronunciados.. Por último, es imprescindible la fertilización química.

a.3. SOBRE MARGAS Y ARENISCAS.

En cuanto a las características de fertilidad presentan tipos principalmente arcillosos o francos con subtipo de arcilloso, es decir, muestran texturas pesadas con una plasticidad y potencial de hinchamiento altos. Un signo positivo de esta textura es la elevada capacidad de retención de agua que reduce bastante los períodos de sequedad para las plantas, fundamentalmente en verano. En sentido moderadamente negativo, y en aspecto general, está el alto contenido en carbonato cálcico que presentan.

El índice de productividad de RIQUER-FAO califica a estas "tierras" como adecuadas para cultivos agrícolas y para pastos, pero poco aptas para árboles. En este sentido el índice de capacidad agrícola del CNRA las encuadra como de aptitud moderada a alta.

Considerando el factor riesgo de erosión o susceptibilidad a la permeabilidad, se puede decir que, interpretando las calificaciones dadas a través del método del Ministerio de Agricultura español y del I.N.A., estos suelos presentan unos riesgos de erosión laminar que no impiden la mecanización, por lo que tienen una buena aptitud para el cultivo;

sin embargo se requiere una buena elección del mismo en virtud de una textura pesada, por tener un alto contenido de carbonatos y una capacidad de contracción-expansión elevados.

A través del tiempo, el cultivo que más se ha realizado en estos suelos y cuyos resultados, a lo largo de muchos años, se pueden considerar como excelentes, es el del olivar y cereal.

Como mejora general de la estructura superficial y de la textura pesada, es recomendable en todos ellos el abonado orgánico. Asimismo, a nivel de recomendación para considerarla de manera primordial en la planificación del cultivo o cambio del mismo, la posición de la unidad de suelo en el paisaje, distinguiendo claramente dos localizaciones: laderas-planicies y zonas de pendiente cóncava donde existe la posibilidad de enriquecimiento en materiales finos. Estas dos posiciones tienen un régimen hídrico diferente, ya que en el segundo caso consituye un factor limitante, mientras que en las laderas y partes altas la alta disponibilidad de agua es una cualidad positiva de la tierra.

a.4. SOBRE ARENAS Y ARCILLAS.

Son estas las áreas que confirman las "vegas" o, en sentido amplio, el "Valle de Andújar": verdadero emporio agrario de la zona estudiada, como consecuencia de su facilidad de cultivo, de las condiciones para el regadío, profundidad de los suelos, fertilidad, etc. Estas cualidades permiten unas prácticas de manejo de alto nivel, una gran inversión en la producción y gran variabilidad en los cultivos.

El desarrollo y las cualidades de estos suelos varían dentro de unos márgenes no muy amplios, pero sí suficientes como para establecer ciertas diferenciaciones:

- Suelos de la unidad 8, que presentan una textura superficial franco o franca arenosa, que condiciona una elevada permeabilidad y poco espesor capilar, de ahí que no presenten problemas de hidromorfía a pesar del nivel freático cercano.

Como modificadores de la fertilidad está la sequedad, en su mayor parte resuelta con el riego, y una baja capacidad de cambio, consecuencia de su textura, presentando además un alto contenido en carbonatos.

El método propuesto por el I.N.A. incluye a este tipo de suelos como de muy buena aptitud, y considera todas las limitaciones como menores y modificables a bajo costo. Por otro lado, dentro de la clasificación del Ministerio de Agricultura español pertenecen a la máxima aptitud usados con riego.

Las mejoras consisten fundamentalmente en abono orgánico para mejorar la estructura y químico para aumentar la fertilidad.

- Suelos de las unidades 9 y 12, a los que todos los sistemas empleados para la evaluación califican como de muy buena aptitud para el cultivo, lo que se confirma sobre el mismo campo. De todas maneras la mejora recomendable es el abono orgánico y químico en función del tipo de cultivo que se quiera implantar.
- Suelos de las unidades 10 y 11, que por su aporte están enriquecidos en materiales finos y presentan una textura pesada. La unidad 11 presenta en superficie cantos rodados, lo que disminuye sensiblemente su capacidad de uso, como se refleja en los valores de aptitud agrícola empleados: el índice de capacidad agrícola del CNRA le da el mínimo valor, y el sistema

del I.N.A. lo califica de mala aptitud en función de una textura superficial desfavorable. Por el contrario los suelos de la unidad 10 tienen una intensa explotación agrícola.

De todos modos, son suelos empleados para cualquier clase de cultivo pero fundamentalmente olivar, algodón, cereal, alfalfa, maiz, etc. Es decir, que a pesar de su textura superficial pueden ser calificables como de excelente aptitud para el cultivo, lo que está confirmado por el uso actual.

Las mejoras en estos suelos son difíciles de precisar; considerando que el sistema de explotación está muy fraccionado y es minifundista, se hace necesario más que nada un estudio socioeconómico, ya que la potencialidad agrícola de estos suelos puede compensar el esfuerzo del agricultor en cuanto a mejora.

b. EVALUACION SOBRE ROCAS PLUTONICAS Y METAMORFICAS.

Los suelos que se desarrollan sobre este tipo de rocas en parte han sido comentados al hacer la exposición sobre material pizarroso, por lo que sólo vamos a tener en cuenta ahora aquel tipo de suelo que se desarrolla fundamentalmente sobre granito y, en menor extensión, sobre filitas, esquistos y pizarras con metamorfismo de contacto.

b.1. SOBRE GRANITO, FILITAS Y PIZARRAS.

En su mayor parte el uso actual de estos suelos -unidad 4 sobre todo, y menos la unidad 6- es el de pastos para ganado vacuno. La vegetación es de encinar con una baja cobertura, que en algunos casos, áreas menos explotadas, se densifica.

En lo referente a su uso potencial, hay que tener

en cuenta que en una pendiente superior al 25%, con pedregosidad y rocosidad altas, las posibilidades de empleo de maquinaria agrícola usual son bastante escasas, en lo que influye también la escasa profundidad del suelo, y el alto riesgo de erosión hídrica sobre todo en ausencia de vegetación.

Como factores limitantes de la fertilidad hay que indicar la baja reserva de agua y una capacidad de cambio también baja. Asimismo, atendiendo al esquema de RIQUER-FAO, son suelos que por su índice de productividad, se califican como inadecuados para los cultivos agrícolas con una mayor aptitud para pastos que para vegetación arbórea. Las clases de aptitud agrícola del I.N.A. confirman lo anterior y califican a los suelos como inadecuados para el cultivo. Se trata por tanto de tierras con limitaciones que aconsejan su empleo para pastos, repoblación forestal o como reservas naturales.

I.D. VALORACION AGRONOMICA.

Hasta ahora hemos pretendido conocer la litología, estructura, morfología y suelos de nuestra zona de estudio. Al mismo tiempo se ha intentado dilucidar, en principio y a través de dos principales variables: altitud y pendientes, la gran influencia que el relieve tiene para el desarrollo agrario, para posteriormente ver la aptitud y valoración agraria de los distintos tipos de suelos.

De todas maneras también sabemos del papel que juega la orografía como factor modificante del clima, o la correspondencia entre regadío y desarrollo de cultivos, etc.. Sin embargo, en esta última parte, no es nuestro objetivo desgarnar cada una de estas interrelaciones, ya que en los apartados que siguen se intentará. Tan sólo, en esta exposición, nos vamos a limitar a hacer una "a modo de síntesis" verificando la relación existente entre litología, altitud, pendientes,

suelos y aprovechamientos agrarios, con el fin de distinguir diferencias paisajísticas en este sentido.

Para ello nos vamos a ayudar del Gráfico I.EMS-8: "Corte geológico, Pendientes y Aprovechamientos Agrarios", y también del Gráfico I.EMS-7: "Mapa Edafológico". El primer gráfico trazado desde el NNE al SSO para que acoja todas las unidades del relieve y los diferentes paisajes agrarios de la zona estudiada, se ha convertido en un perfil geológico-topográfico que, junto al segundo gráfico, es al mismo tiempo un perfil edáfico (49). Pensamos que así la realidad que deseamos mostrar alcanza su máxima expresión.

En principio, observando el Gráfico I.EMS-8, llama la atención la existencia de, tan sólo, dos intervalos de pendiente que tienen una gran homogeneidad y extensión: de 10 al 20% y del 0 al 10%, que son representativas de la variedad clinométrica del área, ya que únicamente encontramos en otras partes pequeñas extensiones con pendientes superiores al 20 o 25%.

Destacar también la relación pendiente-altitud; así la pendiente es suave (del 0 al 10%) desde los 200 mts, e incluso hasta los 600 mts, pero sobre todo en el intervalo 200-400 mts, mientras que a partir de esta última altitud la pendiente se hace más pronunciada.

La altitud, en este sentido, nos muestra la cierta variedad orográfica de la zona: áreas más accidentadas (más de 600 mts), levemente pronunciadas (de 600 a 400 mts), y área alomada o de nivel suave (de 400 a 200 mts).

(49) La yuxtaposición entre el Corte y el Mapa de Suelos se ha realizado, soslayando el problema de escala, en el laboratorio. De todas maneras sabemos que hubiese sido gráficamente más útil dibujar en el mismo corte los diferentes tipos de suelos, pero esto no nos ha ido posible una vez realizado el mismo, por lo que pensamos que ello es fácilmente superable aplicando el método que indicamos.

Como consecuencia y a "grosso modo" debemos diferenciar:

- Un gran área que se corresponde con toda la mitad norte, de pendiente entre un 10 y 20% y altitud con más de 600 mts, en donde nos encontramos con un sustrato litológico antiguo (rocas sedimentarias desde el Ordovícico al Carbonífero, y plutónicas-meta-mórficas) sobre el que han tomado asiento unos suelos que han sufrido la impronta de la erosión: Regosoles eútricos, Cambisoles eútricos o cálcicos y Litosoles, lo que motiva el desarrollo de una vegetación pobre (monte, dehesas) o de tipo forestal, a lo sumo algunos pastos.
- Otra área, la mitad sur del perfil y de la zona estudiada, en que la pendiente es suave (del 10 al 20%), y la altitud menor de los 600 mts, predominando los 400 mts. Son terrenos sedimentarios recientes (desde el Trías al Cuaternario actual) y suelos con una buena aptitud agronómica: Regosoles calcáricos, Cambisoles cálcicos o vérticos, Fluvisoles, Luvisoles cálcicos o crómicos, y donde el hombre desarrolla plenamente su actividad agraria a partir de unos aprovechamientos dominantes: olivos fundamentalmente, cereal, algodón y, menos, hortalizas.

Indudablemente, una de las razones que han contribuido a configurar este doble paisaje no sólo está en la naturaleza de los materiales, sino que también, y simultáneamente tal como se deduce de lo expuesto, en el diferente grado de edafogénesis. De ahí que, en donde domina una roca madre dura, al estar compuesta de pizarras, cuarcitas, areniscas y granitos, además de existir unas fuertes pendientes, se constituye un factor desfavorable para la formación de los suelos y consiguiente fertilidad natural de los mismos. Estos se van a ir degradando poco a poco, fundamentalmente en la primitiva dehesa, a no ser que exista un repoblamiento forestal y aprovechamiento ganadero óptimo respectiva-

mente. Así, y en último lugar, la acción del hombre está siempre presente.

No ocurre lo mismo en donde se da una ausencia de pendientes pronunciadas, y las arenas, arcillas, calizas y margas han posibilitado, con la ayuda de los medios mecánicos de laboreo de la tierra, suelos con diferente grado de fertiliad, pero en cualquier caso de rendimientos económicos más o menos seguros.

De todas maneras aquí, en esta segunda gran área denominada Campiña Baja, hay que diferenciar una zona, a partir del Arroyo de Los Villares hacia el norte, de tierra de labor no exclusivamente con dedicación al olivo, sino que éste alterna con el cereal, la labor intensiva, o el barbecho semillado. Estaríamos, desde el punto de vista de los cultivos, en la Campiña Baja propiamente dicha, e incluso, cerca del río Guadalquivir, en el Valle de Andújar. Esto es diferente de lo que ocurre hacia el sur, donde el olivo tiene un carácter dominante, entrando en la llamada Campiña Alta en su sentido más amplio.

CAPITULO II

VALORACION AGROCLIMATICA E HIDRICA

II.A. VALORACION AGROCLIMATICA.

Normalmente se ha venido afrontando, salvo raras excepciones, el apartado referente al clima, poniendo de manifiesto, a partir de sus componentes estáticos y con un análisis de su dinámica atmosférica, el déficit o exceso pluviométrico y térmico de ciertas áreas, sin expresar en qué medida aquello es así; aún más, sin tener demasiado en cuenta las consecuencias que ello tiene para el desarrollo de los cultivos o aprovechamientos.

De ahí que hayamos rehuido realizar un estudio climático en este único sentido, por lo tanto con una metodología tradicional, pues ya está hecho a nivel provincial (1) y poco más podríamos aportar salvo, eso sí, intentar mejorarlo para nuestra zona de estudio con una mayor proliferación de datos, concreción, actualización y relación de los mismos; pero además, en este caso sólo nos quedaríamos en un intento de lo que pretendemos: mostrar las posibilidades agrarias de la zona que investigamos.

Por ello, en relación al estudio que comenzamos, y teniendo en cuenta el objetivo aplicado y más bien práctico que persigue, éste se plantea con una metodología en parte diferente: teórica y experimental, que como veremos seguidamente está sujeta, lógicamente, a una crítica que nosotros mismos, y saliendo ya al paso, le hacemos en virtud de los resultados obtenidos, al mismo tiempo que indicamos su posible mejora y las limitaciones que ofrece.

(1) HIGUERAS ARNAL, A.: "El Alto Guadalquivir. Estudio Geográfico". Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Zaragoza. 1.961; págs. 67-81.

Comenzamos, pues, por plantear la metodología seguida para, en este mismo apartado, indicar las deficiencias de la misma. Finalmente se expone el desarrollo práctico de este estudio que está íntimamente ligado al siguiente: Valoración Hídrica.

II.A.1. METODOLOGIA

a. HIPOTESIS-SINTESIS

Esta metodología, ya expuesta y desarrollada por DIAZ ALVAREZ, J.R. (1.981), tiene una Hipótesis de partida: la incidencia del clima, concretamente de sus variables primarias (temperatura y precipitaciones), en las posibilidades agrarias de la Campiña Baja y Valle de Andújar (Jaén). Hipótesis que debe de inducir a una comprobación y síntesis que se expresará por medio de la elaboración de diagramas agroclimáticos.

Para poder alcanzar esta síntesis, en primer lugar, definiremos y clasificaremos los diferentes factores que surgen de las variables climáticas primarias: temperaturas y precipitaciones, con la intención de, en segundo lugar, representar conceptual, matemática y gráficamente la realidad agroclimática de nuestra zona de estudio. Así podremos vislumbrar las correcciones y aplicaciones que puedan hacer más equilibrada la relación clima-aprovechamiento agrícola.

Se trata, en definitiva, del estudio "de los factores multicomponentes climáticos que generan un definido comportamiento fitológico (2), a través de:

- Analizar aisladamente los elementos climáticos de la zona que se investiga, procediendo a un estudio global.

(2) DIAZ ALVAREZ, J.R.: obra citada (1981), pág. 151. Este autor, por los precedentes que existen al respecto, no se puede considerar como un innovador de esta metodología y, por tanto, de estudios de este tipo, pero sí tal vez en la utilización, relativamente pionera en nuestro país, del clima en este sentido exclusivo.

- Reconponer la imagen de ese medio climático por superposición gráfica o por adición de los valores de cada variable en el espacio.

Se plantean entonces dos principales fases en el trabajo: en primer lugar, una de análisis a través del cual describimos y cuantificamos las dos variables de estudio (temperaturas y precipitaciones) y las que surgen a partir de las mismas (evapotranspiración, crecimiento vegetal, etc.), una vez que se haya recogido la máxima información de cuantas estaciones meteorológicas disponemos. Y en segundo lugar, una síntesis valorativa a través de la elaboración de los diagramas agroclimáticos, que tienen la virtud de representarnos gráficamente todas las variables estudiadas interrelacionadamente.

Ahora bien, ¿por qué parte todo el estudio de las temperaturas y precipitaciones?. En los apartados que siguen tratamos de explicarlo, pero tengamos en cuenta que es de nuestro interés el observar los comportamientos que, en el reino vegetal, producen los factores climáticos.

b. LAS TEMPERATURAS Y LAS PRECIPITACIONES.

El factor temperatura tiene una importancia primordial en el crecimiento de las plantas, tal como se pone de manifiesto en los trabajos de HALL (1948) y MONTERO DE BURGOS y GONZALEZ REBOLLAR (1974) (3). Así, se ha comprobado experimentalmente que, aún siendo diferentes las posibilidades de cada especie, en general el crecimiento vegetal puede proseguir o detenerse a partir de una temperatura en torno a los 7,5°C, siendo este crecimiento proporcional al aumento de esa temperatura, hasta que se llega a un límite debido a un exceso de crecimiento de la especie o a la acción de las plagas.

(3) Al respecto, y con un planteamiento bioclimático o de fenología agrícola, entre otros pueden también citarse: PAPADAKIS, G.: "El Clima". Albatros. Buenos Aires. 1968-69; ESCOURROU, G.: "Climat et environment". Masson. París, 1981.

Ahora bien, sabido es que para que una planta crezca no sólo necesita una determinada temperatura, sino que también le es imprescindible el agua y/o humedad. Sin embargo, no toda el agua caída (precipitaciones) y localizada en la superficie de un área es aprovechada por las plantas, sino que parte de ella se evapora física y biológicamente, es retenida por el suelo, o infiltrada a través de él puede correr libremente, con lo que ni en este último caso puede servir para satisfacer las necesidades biológicas de las plantas.

Surgen así varios conceptos cuyo análisis cuantitativo nos interesa determinar.

b.1. EVAPOTRANSPIRACION: POTENCIAL Y RESIDUAL.

La Evapotranspiración (ET) es el resultado del efecto combinado entre el poder evaporante de la atmósfera (evaporación física) y el poder de absorción de las plantas (evaporación fisiológica), a partir del agua existente en la superficie de un área por su concepto y naturaleza.

Para nuestro estudio nos es fundamental calcular la evapotranspiración llamada "Potencial" (ETP), así como la "Residual" (ETR), que es la que consume la planta en el momento en que el déficit hídrico detiene su crecimiento vegetal, pudiendo evolucionar en sentido negativo (interrupción biológica como fenómeno irreversible) o positivo (continuar el crecimiento si se le adiciona con agua).

Existe, para hallar dichos valores, una amplia gama de fórmulas según los parámetros climáticos que se tengan en cuenta, y que están fuertemente correlacionados con la evapotranspiración. Destacamos de entre ellas las de: THORTHWAITE (1.948, 1951), PENMAN (1.948), BLANEY y CRIDDLE

(1.950, 1.955) y TURC (1.961) (4), prefiriendo como más factible para utilizar por nosotros la del primer autor (THORTHWAITE), al demostrarse que es la que mejor se adapta a nuestros fines, y porque ya ha sido aplicada de una manera seria para la Península Ibérica y la zona que investigamos por ELIAS CASTILLO y RUIZ BELTRAN demostrándose su validez (5).

Dicha fórmula, en este caso para el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP), parte de las temperaturas medias mensuales (t) y de la latitud del lugar, respondiendo a la siguiente expresión:

$$ETP = 16 (10 t / I)^a$$

donde t = temperatura media mensual en °C; I = al índice de calor anual, el cual = a la suma de los 12 valores del índice de calor mensual (i)

$$(i) = (t/5)^{1,514}$$

a = a una función de calor anual (I)

$$a = 0,000000675 I^3 - 0,0000771 I^2 + 0,49239$$

que por ser demasiado compleja, SERRA (6) propone simplificar en:

$$a = 0,016 I + 0,5$$

Una vez que hemos conocido las evapotranspiraciones potenciales para cada una de nuestras estaciones, podemos mostrar el balance hídrico de las mismas al relacionar los valores obtenidos (ETP) con las precipitaciones, diferen-

(4) La bibliografía y exposición de las fórmulas de cada uno de estos autores proceden del CENTRO DE ESTUDIOS Y ORDENACION DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE: "Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología". Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid. 1.982; 572 págs.; págs. 89-96.

(5) ELIAS CASTILLO, F. y RUIZ BELTRAN, L.: "Agroclimatología de España". Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, nº 7. Ministerio de Agricultura. Madrid. 1.977; pág. 25 y siguientes.

(6) SERRA, L.: "Le controle hydrologique d'un bassin-versant". Asamblea General de la Asociación Internacional de hidrología científica. Publicación nº 38, Tomo 3º; P. 349-357. 1.954; págs. 349-357.

ciándose los meses húmedos de aquellos que por su sequía necesitan agua adicional para posibilitar el crecimiento vegetal.

Así, cuando las precipitaciones (P) son menores que la evapotranspiración potencial (ETP): $P < ETP$, se puede considerar que el crecimiento vegetal sufrirá las consecuencias de una sequía, mientras que si se da el caso contrario: $P > ETP$ no debe existir paralización del crecimiento vegetal por falta de agua (7).

Una vez que conocemos las evapotranspiraciones potenciales estamos ya en condiciones de calcular las evapotranspiraciones residuales (ETR), que, como hemos dicho anteriormente, tienen una importancia fundamental como indicativo zonal o de la estación en cuanto a las posibilidades fitológicas a través del tiempo. Su valor se ha determinado experimentalmente y resulta estar en función de ETP con un valor aproximado de:

$$ETR = 0,2 ETP$$

según MONTERO DE BURGOS Y GONZALEZ REBOLLAR (8).

b.2. DISPONIBILIDADES HIDRICAS.

Sabemos que las plantas cubren sus necesidades hídricas, por regla general, captando la humedad de la tierra a través de sus raíces. Por ello es de gran importancia en nuestro estudio, el conocer, por lo menos sucintamente, las posibilidades que el agua existente en el suelo

(7) Esta metodología, su cálculo, tiene una representación gráfica la cual creemos que ya es lo suficientemente conocida para no tener que exponerla en el texto, de ahí que remitamos a un trabajo nuestro titulado: "Salobreña. Estudio Geográfico". Universidad de Granada. 1.982; págs. 58-64.

(8) MONTERO DE BURGOS Y GONZALEZ REBOLLAR: "Diagramas bioclimáticos". Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura. Madrid. 1.974; pág. 41. Valor que nosotros ponemos en duda puesto que sólo resulta en casos de clima sin grandes variaciones, según hemos podido comprobar.

tiene de moverse a través de este medio. A partir de esta idea fundamental entramos a explicar la metodología de análisis de las disponibilidades hídricas.

Puesto que sabemos que el agua precipitada (P) se evapotranspira (su cálculo, el por qué y el cómo, ya lo hemos expuesto en líneas anteriores), corre por la superficie o se infiltra, podemos y debemos determinar cuantitativamente ésta última al conocer las precipitaciones (ya que nos vienen dadas por los datos de observaciones directas recogidos para cada una de las estaciones meteorológicas), la evapotranspiración potencial (ETP), y las aguas escurridas (cuyo cálculo se explica seguidamente); o bien las disponibilidades totales (cálculo de las precipitaciones totales menos las aguas escurridas).

Así, las aguas infiltradas, al captarlas el suelo y servirle de humedad, tienen una importancia primordial para cubrir las necesidades hídricas de las plantas, "cualquiera que sea la impronta que generen la conductividad y el porcentaje de marchitez permanente de los suelos" (9).

Debemos, pues, para llegar al cálculo que más nos interesa, el de las aguas infiltradas (disponibilidades hídricas infiltradas, D_i), establecer otros previos:

- El que determina el cálculo de las disponibilidades hídricas totales (D_t), cuyo valor se alcanza obteniendo la diferencia entre las precipitaciones habidas (P) y la evapotranspiración potencial (ETP):

$$D_t = P - ETP$$

- El que determina el cálculo de las aguas de escorrentía

(9) La explicación a estos dos procesos en cuanto que intervienen en los fenómenos del crecimiento vegetal, vienen explicados por COLLIS GEORGE, N.; DAVEY, B.G. y SMILES, D.E.: "Suelo, atmósfera y fertilizantes". Aedos, Barcelona, 1.971; págs. 18 y siguientes, así como por DIAZ ALVAREZ, J.R. (1.981), obra citada, pág. 162-163 a partir del anterior trabajo.

(disponibilidades hídricas de escorrentía: De), que es la parte de las precipitaciones que alimenta los ríos y/o arroyos de un área. El valor experimental viene dado por la fórmula de Turc (10):

$$De = P - (P/0,9 + (P^2/L)^{1/2})$$

siendo P precipitación en mm.

$$L = 300 + 25T + 0,05T$$

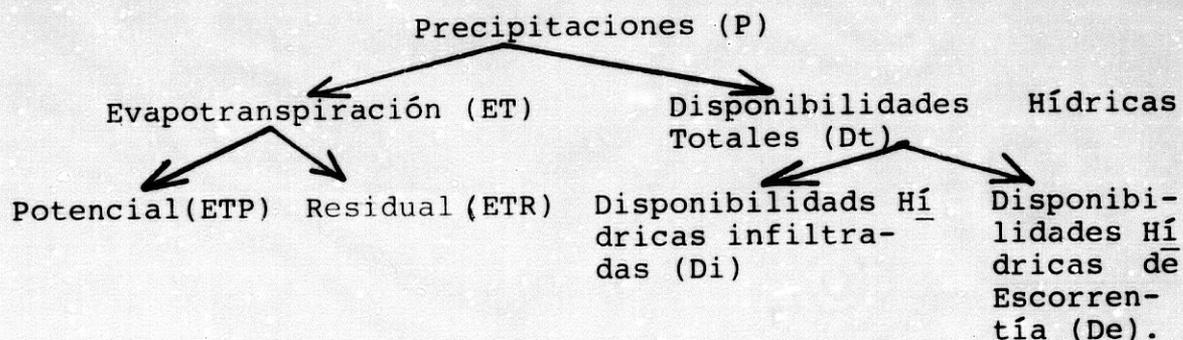
siendo T = temperatura media en °C.

- El que determina el cálculo de las aguas infiltradas (disponibilidades hídricas infiltradas: Di), a partir de la diferencia entre las disponibilidades hídricas totales (Dt) y las disponibilidades hídricas de escorrentía (De):

$$Di = Dt - De$$

El siguiente esquema puede servir de resumen y aclaración a lo expuesto:

Ciclo del Aprovechamiento Hídrico por las plantas



Ahora bien, para la consideración cíclica de todo el proceso, aún existe un componente hídrico que no hemos

(10) Ver DIAZ ALVAREZ, J.R. (1.981), pág. 164.

tenido en cuenta: la retención acuosa del suelo que podría servir de alimento a la planta en períodos aislados, puesto que el agua almacenada, teóricamente, puede ser utilizada en el tiempo $t+1$, con lo que debemos conocer si las disponibilidades de agua en cada momento son suficientes, bien para el crecimiento vegetal o para ser acumuladas en el tiempo.

La dimensión real de este fenómeno cuantitativamente nos mostrará el número teórico de días con crecimiento vegetal, dentro de los meses con excedente hídrico, así como los que por déficit necesitan de agua adicional para su crecimiento. En este último caso constataríamos las necesidades mínimas de regadío (11).

Por último decir, respecto a esta metodología, que somos conscientes de que con estas determinaciones de base empírica sólo nos acercamos a la realidad, a pesar de haberse demostrado su fiabilidad, puesto que se omiten en las fórmulas importantes factores que habría que tener en cuenta, como:

- Biológicos: cubierta vegetal, acción antrópica.
- Hidrogeológicos: permeabilidad de los terrenos, profundidad de las capas freáticas.
- Edafológicos: naturaleza y composición de los suelos, mayor o menor horizontalidad de los mismos, espesor y profundidad de la zona de enraizamiento.
- Geográficos: localización del área (latitud, longitud y altitud), morfología, pendientes; balance calorífico y déficit de saturación de la atmósfera; temperatura del aire, velocidad y turbulencia del medio, niebla, rocío, etc.

Sin embargo, como no hemos podido encontrar, tanto en organismos oficiales como privados, datos o estudios

(11) Las fórmulas para hallar estos cálculos, recogidas de DIAZ ALVAREZ, J.R. (1.981), obra citada, pág. 193 y siguientes, por su cierta complejidad no hemos creído oportuno exponerlas ahora, sino en el apartado siguiente, así como en el Anexo de Programas "Programas de Estudios Agroclimáticos". Con similar metodología se han llevado a cabo experiencias en zona de monocultivo, pudiendo citar al respecto: SCHERER, G.C.: "Un método de extrapolación del espacio a partir de la pluviometría media". Recherches Geogr. Strasbourg, nº 4, 1977.; GANDULLO, S. y SERRADA, A. (1979).

realizados respecto a los factores señalados, nuestro trabajo, a partir de las variables investigadas, lo hemos enfocado así, experimentalmente, para intentar mejorar a otros realizados en el mismo sentido y poder demostrar nuestra hipótesis de partida llegando a la síntesis. De todas maneras, más valen estos cálculos indicativos y probables, que nos sirven para hacer una aplicación del clima a la agricultura, que su no existencia.

c. SINTESIS: DIAGRAMA AGROCLIMATICO.

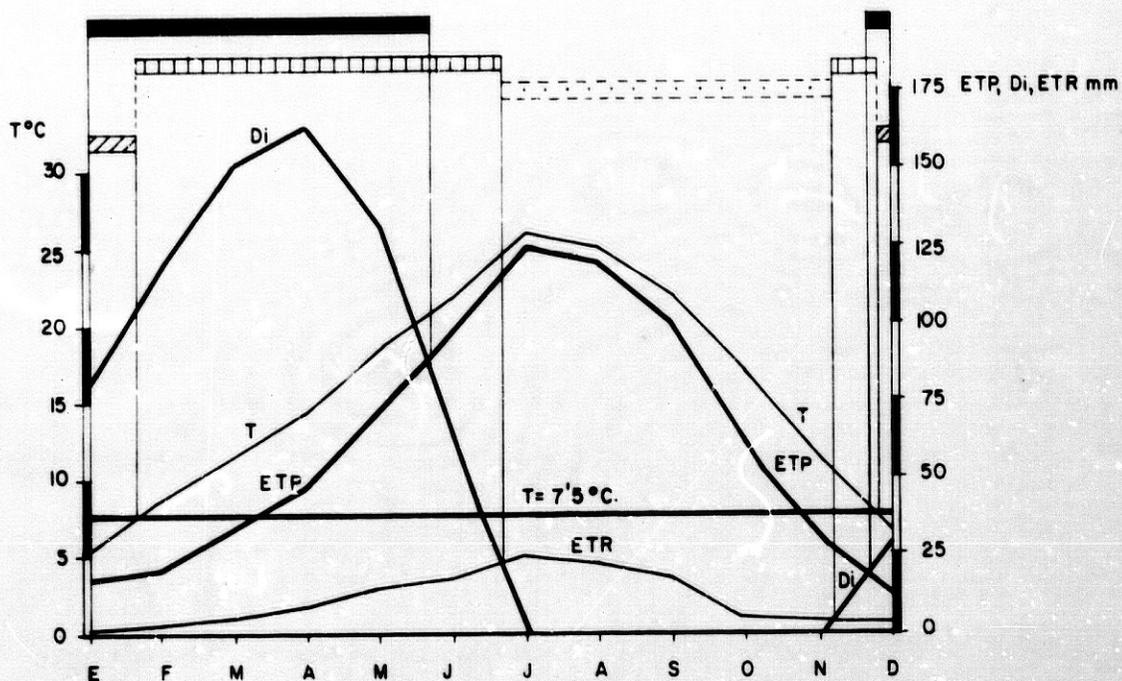
Analizando los componentes primarios del clima: temperaturas y precipitaciones, así como sus componentes básicos dependientes: evapotranspiración potencial y real, disponibilidades hídricas totales, escurridas o infiltradas, tal como hemos descrito en las líneas precedentes, explicaremos cómo sus actuaciones potencian o anulan la capacidad biológica de las plantas o de las áreas donde aquellas se desarrollan. Así trataremos de llegar a la síntesis de todo el proceso, la cual expresamos gráficamente a través del denominado "Diagrama Agroclimático", cuya composición y explicación metodológica es la siguiente (ver Gráfico II-VAH-1):

- En las ordenadas se han pasado los valores mensuales de T en °C (temperaturas medias mensuales) y la recta $T = 7,5^{\circ}\text{C}$ a partir de la cual se inflexiona la velocidad del crecimiento vegetativo de las plantas, así como de ETP (Evapotranspiración potencial), ETR (Evapotranspiración residual) y Di (Disponibilidades hídricas infiltradas) en mm; estas tres últimas variables a la derecha y con un valor quintuple al de la T en °C. En abscisas tenemos los 12 meses del año.

Señalar, antes de entrar en la explicación en sí del Gráfico, una matización importante en este Diagrama en relación a otros, sobre todo respecto al que representa el Balance Hídrico. Es la matización que viene impuesta por la naturaleza de las superficies edáficas y por sus

GRAFICO II. VAH-1

SINTESIS: DIAGRAMA AGROCLIMATICO METODOLOGICO



FUENTE: Composición y elaboración propia según metodología de Diaz Alvarez, J-R(1981) págs. 166-170

LEYENDA

- T = Temperatura media mensual
- ETR = Evapotranspiración residual
- ETP = " potencial
- Di = Disponibilidades hídricas infiltradas
- mm = milímetros
- °C = Grados centígrados

- Periodo con exceso hídrico: $Di > ETP$
- " potencialmente vegetativo: $\begin{cases} Di > ETR \\ T > 7.5^\circ C \end{cases}$
- " de inactividad vegetativa térmica: $T < 7.5^\circ C$
- " de detención bioagraria: $\begin{cases} Di < ETR \\ ETP > Di \end{cases}$

capacidades de retención acuosa, ya que las disponibilidades hídricas totales (diferencia entre precipitación y evapotranspiración potencial) se pueden utilizar como agua de infiltración y agua de escorrentía, y siendo sólo la infiltrada la que puede ser utilizada por el suelo para el alimento de las plantas, se ha representado en el Gráfico la curva de D_i (Disponibilidades infiltradas) en lugar de la curva P (Precipitaciones) o D_t (Disponibilidades totales). De esta forma se nos ofrece el aspecto tan importante que queremos llegar a alcanzar: la delimitación de estaciones bioclimáticas.

El significado del Diagrama nos muestra, en principio, los meses adversos al crecimiento vegetal por falta de calor (T menor a $7,5^{\circ}\text{C}$): espacios rayados oblicuamente. Al mismo tiempo también se ofrece la posibilidad de detectar el período en que se produce detención bioagraria por carencia acuosa: Evapotranspiración potencial mayor que las Disponibilidades infiltradas y Disponibilidades infiltradas menor que la Evapotranspiración residual ($ETP > D_i$ y $D_i < ETR$), representándose con un rayado horizontal y con puntos. Si bien hemos de tener en cuenta que en este caso, cuando falta agua, ésta se puede suplir teóricamente mediante el regadío.

Por otro lado, los espacios rayados verticalmente son potencialmente vegetativos, ya que las Disponibilidades infiltradas son mayores que la Evapotranspiración residual y la temperatura es superior a $7,5^{\circ}\text{C}$ ($D_i > ETR$ y $T > 7,5^{\circ}\text{C}$).

Por último, los espacios completamente pintados en negro son etapas con exceso hídrico en el suelo: Disponibilidades hídricas que superan a las Evapotranspiraciones potenciales ($D_i > ETP$), con lo que se puede utilizar ese agua para otros cultivos, o bien hará falta el drenaje, en muy determinados casos, para evitar pérdidas de cultivo por sobrante de agua.

d. CRITICA.

Somos conscientes de que con la aplicación de esta metodología no hacemos algo totalmente novedoso. Antes al contrario, este estudio, basado en la aplicación de técnicas cuantitativas, parte de los trabajos ya realizados por MONTERO DE BURGOS y GONZALEZ REBOLLAR (1.974) y por DIAZ ALVAREZ, J.R. (1.981), e intenta, como se ha dicho, no quedarse en un trabajo simplemente descriptivo que de poco nos serviría.

Ahora bien, como método teórico y experimental no está exento de crítica, sobre todo una vez que se ha aplicado, como es nuestro caso. En este sentido hemos de decir que las afirmaciones resultantes de la aplicación del mismo sólo deben tomarse en cuenta de forma genérica, por cuanto se necesita una aplicación eminentemente práctica, ya que existen una serie de factores de diverso tipo que se escapan a las fórmulas que desarrollan el método.

Así, por ejemplo, habría que señalar, como los mismos autores MONTERO DE BURGOS y GONZALEZ REBOLLAR (1.974) ponen de manifiesto, que la superficie de crecimiento vegetal a partir de la temperatura $7,5^{\circ}\text{C}$ es un "concepto puramente fitoclimático", y que su cuantificación se debe efectuar con los aspectos agrológicos, edafológicos, biológicos, etc.

Al mismo tiempo, también sabemos que la fórmula de cálculo de la evapotranspiración es discutible, puesto que este fenómeno está condicionado y determinado por otra serie de variables que, en la mayoría de los casos, difícilmente pueden ser tenidas en cuenta (energía utilizable para la evaporación del agua, déficit de saturación de de atmósfera, velocidad y turbulencia del medio, dirección de los vientos, etc.). Es más, como indican ELIAS CASTILLO

y JIMENEZ ORTIZ (1.965, págs. 19 a 53) la fórmula de cálculo de Thornwaite referente a la evapotranspiración, concretamente a los valores experimentales de "a", debiera de ser ajustada a las características secundarias de cada estación.

Por otro lado, lo relativo al "Ciclo del Aprovechamiento Hídrico de las Plantas", tampoco está libre de crítica. Por ejemplo, en el análisis de las disponibilidades hídricas infiltradas, tan importante para el fenómeno de crecimiento vegetal, hay dos conceptos básicos que influyen en el proceso y que sería necesario detectar: conductividad hidráulica y porcentaje de marchitez permanente, según indican COLLIS, DAVEY y SMILES (1.971, págs. 118 a 137). Además, la misma fórmula de TURC para calcular el agua de escorrentía, aunque comúnmente aceptada, es criticable por la grave omisión de factores actuantes que ya se indicaron en el apartado b.2., tales como: naturaleza del terreno y, por lo tanto, tipo de suelo (sobre todo permeabilidad del mismo), grado de pendiente, cubierta vegetal, acción del hombre, etc.

Señalar, también, que toda la consideración cíclica del proceso vegetal, que nosotros seguimos a través de una serie de cálculos, no es estática, como se desprende al aplicar las fórmulas, sino que los componentes térmicos e hídricos que intervienen en el mismo, en unos casos pueden constituir fenómenos sucesivos y en otros pueden coincidir temporalmente.

En definitiva, antes de entrar en el desarrollo de la metodología expuesta, salimos ya al paso de posibles objeciones que, desde luego, puede tener, puesto que somos los primeros en reconocer las limitaciones que surgen de su aplicación simplificada, e incluso de las inadecuaciones experimentales de comportamiento que se pueden dar entre nuestros cálculos teóricos y los particularismos que corresponden a los casos reales.

Pero no nos queremos quedar en sólo objeciones, pues sabemos que esta metodología podía haberse completado y superado de haber dispuesto de una serie de datos como: capacidad de almacenamiento del agua del suelo, la llamada Reserva que va a representar la alimentación hídrica de las plantas en la estación seca (12), espesor del suelo hasta la roca o capa de endurecimiento y profundidad de enraizamiento en cada una de las áreas consideradas o estaciones; podríamos conocer la Reserva acuífera de esas zonas, y entonces poder efectuar los cálculos adecuados para saber, mediante la ficha climática correspondiente, los períodos de acumulación de agua, de sequía, de escorrentía, etc. De esta manera nuestro estudio superaría la consideración de ensayo incompleto que puede merecer.

Respecto a esta última metodología, incluimos una de estas fichas climáticas, la correspondiente a la zona de Ugijar (cedida por el Departamento de Edafología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada), donde podemos observar todo lo que decimos (Gráfico II-VAH-2). Fichas climáticas que se pueden representar gráficamente de acuerdo con la sistemática del Ministerio de Agricultura de los E.E.U.U. reflejada en la obra Soil Taxonomy (1.975; págs. 52 a 63).

II.A.2. ESTACIONES METEOROLOGICAS E INFORMACION ESTADISTICA

En principio hemos tratado de recoger la máxima información de cuantas estaciones meteorológicas existen en nuestra zona de estudio o bien próximas a la misma (en este último caso no las había útiles). Información que fuese suficiente en cuanto a los datos que aportarán respecto a las principales variables a tratar según el enfoque metodológico que tiene nuestra investigación: temperaturas medias mensuales

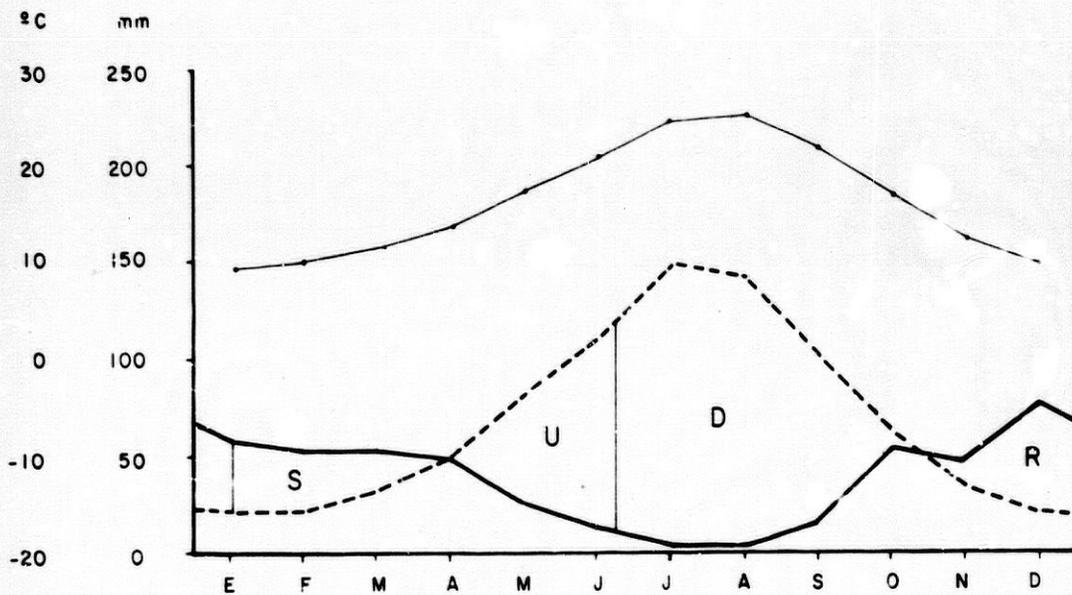
(12) Esta reserva se determina conociendo la energía de retención del agua por las partículas del suelo que viene dada en función de las pF a 1/3 y 15 atmósferas.

199

GRAFICO II VAH-2

FICHA CLIMATICA: UGIJAR
(DIAGRAMA METODOLOGICO)

FUENTE: Departamento de Edafología. Facultad de Ciencias
(Universidad de Granada), según Ficha Climática
Estadística propia.



LEYENDA

U Utilización

S Sobranste

R Recarga

D Deficit

— Precipitación en mm

- - - - - Evotranspiración potencial en mm

..... Temperatura

y precipitaciones mensuales. Se ha pretendido también que el período de recogida sea lo suficientemente amplio y uniforme para que exista una fiabilidad en el tratamiento de los datos. Al mismo tiempo se ha tenido en cuenta el que la ubicación de las estaciones, a ser posible, esté en relación con la disposición proporcional del relieve.

De esta manera, creemos que se ha conseguido una red de estaciones lo suficientemente densa como para poder establecer una generalización espacial de la información, en donde se muestra la relación entre los componentes primarios del clima (temperatura y precipitaciones) y la situación geográfica de las estaciones.

En segundo lugar, en esta parte, y una vez que se ha cuantificado, descrito y explicado toda la información meteorológica anterior, la misma, a través de elaboraciones matemáticas ya descritas en la metodología, nos ha servido para deducir los componentes básicos dependientes (Evapotranspiración potencial y residual, días de crecimiento vegetal, etc.), que se analizan y con los que elaboramos nuestra síntesis gráfica o diagramas valorativos agroclimáticos de cada una de las estaciones.

a. LOCALIZACION.

Tan sólo cuatro observatorios poseen una información suficiente en cuanto a las variables que necesitamos (temperatura y precipitaciones) y en cuanto al período de recogida de las misma, siendo las estaciones termopluviométricas que se reflejan en el cuadro siguiente:

CUADRO II-VAH-1. ESTACIONES TERMOPLUVIOMETRICAS COMPLETAS

Nº	Estación	Altitud(m)	Período térmico	Período Pluviométrico
1	Andújar	212	1953-1972	1955-1974
2	Arjona	410	1952-1971	1955-1974
3	Marmolejo	210	1956-1975	1953-1974
4	V. de la Reina	220	1940-1979	1955-1974

Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Comisaría de Aguas. Sevilla. Elaboración Propia.

El resto de las estaciones termopluviométricas presentan series incompletas que ni siquiera se pueden interpolar, al mismo tiempo que su información total en años es muy corta, según se desprende del próximo cuadro, por lo que no hemos podido contar con ellas.

CUADRO II-VAH-2. ESTACIONES TERMOPLUVIOMETRICAS INCOMPLETAS

Nº	Estación	Altitud (m)	Período
1	Arjonilla	348	1959-1967
2	Lopera	261	1971-1979

Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Comisaría de Aguas. Sevilla. Elaboración propia.

Respecto a las estaciones pluviométricas no ha existido dificultad, ya que contamos con un total de 9 idóneas por sus series homogéneas y sin lagunas, amplitud del período y localización geográfica, que son las siguientes:

CUADRO II-VAH-3. ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

Nº	Estación	Altitud (m)	Período
1	Arjonilla	348	1955-1974
2	Cazalilla	300	1955-1974
3	El Contadero	360	1955-1974
4	Espeluy	280	1955-1974
5	Fuerte del Rey	430	1955-1974
6	Higuera de Arjona	380	1955-1974
7	Lopera	261	1955-1974
8	Mengíbar	275	1955-1974
9	Porcuna	440	1955-1974

Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Comisaría de Aguas. Sevilla. Elaboración propia.

Estaciones que responden en gran parte a la disposición proporcional de los relieves de la zona, ya que se ubican en función de los intervalos que señalan las isohipsas de los 200, 300 y 400 metros, salvo para la parte Norte, por encima de los 500 metros (Sierra Morena), en donde no existe ni una estación a esta altitud o superior como

hubiese sido deseable (13).

En relación a su localización en áreas de montaña, valle o campiña (zona alomada), estas estaciones responden a la proporción:

- De montaña: inferior a los 400 metros: 1 (El Contadero).
- De valle: 4 (Andújar, Marmolejo, Mengíbar y Villanueva de la Reina).
- De campiña: 8 (Arjona, Arjonilla, Cazalilla, Espeluy, Fuerte del Rey, Higüera de Arjona, Lopera y Porcuna).

Cartografiadas todas estas estaciones en el mapa (Gráfico II-VAH-3), nos ofrecen la visión de estar regularmente repartidas en toda la Campiña e incluso en el Valle de Andújar, existiendo, sin embargo, un gran espacio prácticamente vacío en Sierra Morena. De ahí que nuestras generalizaciones serán convenientemente adecuadas para la mitad del territorio estudiado (centro y sur).

Generalizaciones que en principio, encontrarán más dificultad respecto a la temperatura, por cuanto, como se ha señalado ya, sólo poseemos información al respecto de 4 de las 13 estaciones pluviométricas (número total de las 9 pluviométricas y de las 4 termopluviométricas). Sin embargo esto es fácilmente superable, toda vez que la temperatura para las estaciones que sólo analizan precipitaciones, la hemos deducido con una aproximación válida (desvíos inferiores al 10%) en función de la temperatura de estaciones completas más próximas y con las rectificaciones propias de su altura. El cálculo está en función de la siguiente fórmula:

(13) Sí es verdad que existe una estación: El Contadero en el término municipal de Andújar, pero con una altitud, según se expone en el Cuadro, de 360 metros. A pesar de ello se ha tenido en cuenta porque puede ser, en parte, representativa de área de valle de montaña, tal como también señalamos en el texto.

$$T_{i j} = \sum_{x=1, j=1}^{x=n, j=12} (T_{xj} + (h_x - h_i/100) \times 0,65)/n$$

donde:

$T_{i j}$ = temperatura media de la estación i en el mes j
 T_{xj} = temperatura media de cada una de las estaciones x (desde 1 a n) a partir de las cuales buscamos deducir la temperatura de la estación i , referidas dichas temperaturas al mes de análisis j .

h_x = altura de la estación x (cualquiera de las estaciones-imagen compartidas de la estación i).

H_i = altura de la estación i .

0,65 = constante que representa el gradiente térmico del estado medio de la atmósfera normalmente en °C/ 100 m.

n = al número de estaciones que se constituyen en generadoras de las variables térmicas.

j = cada mes del año (1.....12).

Fórmula y razonamiento de su elaboración que expone DIAZ ALVAREZ, J.R. (14) y que se basa:

1. "En la proximidad geográfica, los desvios del comportamiento térmico inducido por la longitud y la latitud geográfica, pueden considerarse despreciables".
2. "Las estaciones tendrán en líneas generales un comportamiento parecido a las de su entorno, con las rectificaciones que deberán efectuarse en razón a las diferentes altitudes".
3. "A mayor número de estaciones que obtengamos, n , la fiabilidad será mayor, pero sin aumentar tan excesivamente el número de ellas como para que sean necesarios nuevos parámetros rectificadores de latitud y longitud".

En el siguiente cuadro se expone el número y nombre de las estaciones pluviométricas incompletas, así como las que hemos tomado como básicas entre las termopluviométricas para la obtención de las temperaturas de las primeras. Esta información se recoge asimismo en el Gráfico II-VAH-3.

CUADRO II -VAH-4: ESTACIONES TERMOPLUVIOMETRICAS A PARTIR DE LAS QUE SE HAN DEDUCIDO LAS TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES DE LAS ESTACIONES PLUVIOMETRICAS.

<u>Estaciones Pluviométricas</u>		<u>Estaciones Termopluviométricas</u>			
<u>Nº</u>	<u>Nombre</u>	<u>Nombre y número</u>			
1	Arjonilla.....	Andújar(1);	Arjona(2);	Marmolejo(3)	
2	Cazalilla.....	" "	" "	" "	" "
4	Espeluy.....	" "	" "	" "	" "
5	Fuerte del Rey.....	" "	" "	" "	" "
6	Higuera de Arjona...	" "	" "	" "	" "
7	Lopera.....	" "	" "	" "	" "
8	Mengíbar.....	" "	" "	" "	" "
9	Porcuna.....	" "	" "	" "	" "
3	El Contadero.....	Andújar(1);	Marmolejo(3)		

Fuente y Elaboración: Propia a partir de la metodología señalada e información del Mapa Militar de España a Escala 1:200.000

b. TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES Y PRECIPITACIONES.

Hemos visto que existen dos tipos básicos de estaciones servibles: termopluviométricas (4 en total) y pluviométricas (9 en total), y que éstas últimas se completan por extrapolación de los datos térmicos de las estaciones adyacentes. Son, pues, 13 las estaciones cuya información climática, obtenida mediante observación directa o deducida (previa elaboración), procesamos pasando a comentar sus resultados térmicos y pluviométricos.

Sin embargo, antes de entrar en la descripción de la información, debemos de indicar que, para una mejor explicación de la misma, se ha hecho una valoración cuantitativa a través del coeficiente de correlación "r" de Pearson

y del coeficiente de determinación " r^2 ", en conjunto e indistintamente para las temperaturas y precipitaciones, en relación con la altitud, longitud y latitud, ya que son estas tres las variables o factores que, en principio, más inciden en las dos variables primarias del clima. Así, con el (15):

- Coeficiente de correlación " r " de Pearson medimos la cantidad y sentido (positivo o negativo) de la relación existente entre dos variables. En nuestro caso, por ejemplo, entre temperatura y altitud, o precipitación y longitud. Este coeficiente, independientemente del tipo de datos, siempre está comprendido entre los valores $+1,0$ ó $-1,0$.
- Coeficiente de determinación " r^2 " medimos la cantidad de variación de una variable que está "explicada" por, o "contenida" en, la variación de las otras. Esta cantidad de explicación se da en forma porcentual.

Distinguimos, pues, para nuestro comentario dos subapartados:

- Temperaturas.

El valor de las temperaturas medias mensuales para las observaciones efectuadas sobre las estaciones de estudio se sintetiza en el Cuadro II-VAH-6. A partir de él y del que también se expone (Cuadro II-VAH-5), en el que se muestra la cuantía de las relaciones con respecto a los factores geográficos que pudieran influir en la temperatura, vamos a tratar de sacar algunas deducciones.

(15) Para una mejor comprensión de ambos coeficientes desde el punto de vista de su utilización geográfica, remitimos al esclarecedor artículo de CCMPAN VAZQUEZ, D.: "Sobre el uso de la correlación lineal simple en Geografía. Aplicación al estudio de la distribución espacial de la renta en España". Revista "Paralelo 37º". Almería. 1.977; págs. 83-102.

CUADRO II-VAH-5: COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE TEMPERATURA, ALTITUD, LONGITUD Y LATITUD.

<u>VARIABLES CORRELACIONADAS</u>	<u>Coef. correlac. "r"</u>	<u>Coef. determin. "r²"</u>
Temperatura-altitud	-0,699	49%
Temperatura-longitud	-0,027	0,07%
Temperatura-latitud	0,147	2,26%

Fuente: Elaboración propia.

En principio vemos que existe una relación entre temperatura y altitud de la estación (coef. correlación = 0,699), lo que está en conformidad con los supuestos térmicos climáticos en el sentido de producirse un descenso de las temperaturas con una mayor altitud (coef. determinación 49%). La pendiente de la recta es -0,004, mientras que el punto de corte en ordenadas = 18,22.

Respecto a la longitud (occidentalidad), no existe relación alguna como era de esperar (Coef. correlación -0,027), no explicando este factor la variación de temperatura (coef. determinación 0,07%) que, además, es muy corta. Esto se debe a que apenas hay grandes diferencias longitudinales entre las estaciones, y además a que este factor (longitud), en una zona continentalizada como ésta, apenas influye.

Por último, decir, que prácticamente tampoco se da correlación entre temperatura y latitud (septentrional), cuando en teoría suele darse un decrecimiento de las temperaturas conforme se aumenta de latitud. En este caso no es así, antes al contrario, el coeficiente de correlación es positivo (0,147). La explicación estriba en que estamos en una zona bastante homogénea en la ubicación latitudinal de las estaciones, existiendo sólo una (El Contadero en Sierra Morena) al norte.

CUADRO II. VAH-6: TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES

Nº ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	T.M.A.
1 ANDUJAR	9,25	10,89	13,90	16,68	21,22	23,61	27,20	24,86	24,30	17,53	12,66	8,97	17,58
2 ARJONA	7,78	9,33	12,19	15,22	20,19	24,23	28,21	27,79	23,67	17,85	11,61	8,13	17,18
3 ARJONILLA	8,18	9,73	12,45	15,44	19,42	23,82	27,46	26,50	23,51	17,63	11,74	8,05	16,99
4 CAZALILLA	8,61	9,88	12,80	15,44	19,84	23,18	27,01	26,02	23,19	17,53	12,06	8,27	16,99
5 EL CONTADRO	8,10	9,65	12,30	15,27	18,76	23,33	26,80	25,58	23,15	17,24	11,53	7,74	16,62
6 ESPELUY	8,74	10,01	12,93	15,57	19,97	23,31	27,14	26,15	23,32	17,66	12,19	8,40	17,12
7 F. DEL REY	7,77	9,03	11,95	14,59	18,99	22,34	26,16	25,17	22,35	16,68	11,21	7,42	16,14
8 H. DE ARJONA	8,09	9,36	12,28	14,92	19,32	22,66	26,49	25,50	22,67	17,01	11,54	7,75	16,47
9 LOPERA	8,74	10,29	13,01	16,00	19,99	24,38	28,02	27,07	24,07	18,19	12,31	8,62	17,56
10 MARMOLEJO	8,90	10,35	12,65	15,80	18,25	25,00	28,35	28,25	23,95	18,90	12,35	8,45	17,60
11 MENGIBAF	8,87	10,14	13,06	15,70	20,10	23,44	27,27	26,28	23,45	17,79	12,32	8,53	17,25
12 PORCUNA	7,58	9,13	11,85	14,84	18,82	23,22	26,86	25,90	22,91	17,03	11,14	7,45	16,40
13 V. DE LA REINA	9,20	9,80	12,70	14,80	18,50	22,10	26,00	25,80	22,00	17,60	12,30	8,10	16,57

Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Comisaría de Aguas. Sevilla. Elaboración propia según programa en Anexo de "Programa de Estudios Agroclimáticos".

En el cuadro II-VAH-6 se observa que la temperatura media anual de la zona, que se sitúa entre los 16,14°C de Fuerte del Rey y los 17,60°C de Marmolejo, es de 16,95°C. Existe, por tanto, un valor alto para el conjunto de las estaciones, no destacándose gran diferencia entre las mismas, pues ya hemos visto cuantitativamente que apenas si existen diferencias de altitud, longitud y latitud entre unas y otras.

Basándonos en los valores medios mensuales, es importante reseñar (Gráfico II-VAH-4) el recorrido casi simétrico y semejante entre todas las estaciones de la curva térmica anual, y que las temperaturas mensuales presentan unos valores altos. Destaca así la inexistencia de temperaturas medias mensuales inferiores a 6°C, cifra que determina un reposo en el ciclo vegetativo de las plantas. En consecuencia, en toda la Campiña Baja y Valle de Andújar, la temperatura, en sus valores medios mensuales, no es elemento retardador de la actividad agrícola.

Puede comprenderse la existencia de estos altos valores térmicos medios (el mes más frío Enero: 7,7°C; y el más cálido Julio: 28,21°C) fundamentalmente por su situación, bastante meridional y alejada de toda influencia marítima, ya que los vientos del SW o NW que llegan a través del Valle sobre todo, son más bien cálidos y secos, al haber descargado el agua en las estribaciones de las Subbéticas y de Sierra Morena, al tiempo que en su bajada y recorrido por la Campiña y Valle se han ido calentando.

- Precipitaciones

La información estadística mensual, durante el período de observación de las precipitaciones para cada una de las estaciones de nuestro estudio, obtenida directamente, se encuentra en el Cuadro II-VAH-8, mientras que en el Cuadro II-VAH-7, que seguidamente exponemos, se muestran

los valores del análisis cuantitativo de relación entre precipitaciones, altura sobre el nivel del mar, localización en latitud y longitud geográfica, siguiendo los mismos criterios adoptados para con las temperaturas.

CUADRO II-VAH-7: COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE PRECIPITACIONES. ALTITUD, LONGITUD Y LATITUD.

<u>VARIABLES CORRELAC.</u>	<u>COEF. CORRELAC. "r"</u>	<u>COEF. DETERMINACION "r²"</u>
Precipitac.-altitud	0,215	5%
Precipitac.-longitud	0,132	1,74%
Precipitac.-latitud	0,479	22,94%

Fuente: Elaboración propia.

Este primer cuadro nos revela que la altura, en este caso, prácticamente no tiene relación con respecto a las precipitaciones, ya que su coeficiente de correlación es bajo ($r = 0,215$) y la determinación lógicamente también ($r^2 = 5\%$); sin embargo sí llega a ser algo significativa la relación con la septentrionalidad ($r = 0,470$ y $r^2 = 22,94\%$) y no existe a penas relación entre occidentalidad y precipitación ($r = 0,132$ y $r^2 = 1,74\%$).

Desconexiones que pueden ser explicables por varias causas, entre las que sobresalen las diferencias en la distribución espacial de las estaciones, no habiendo equilibrio en cuanto a las estaciones situadas al N y al S (el 92,3% en el centro y sur), ni tampoco, aunque sí en mayor grado, en su distribución longitudinal. Asimismo hay que tener en cuenta, como señala HIGUERAS ARNAL (16), que los frentes proceden del SW (vientos húmedos), y que llegan debilitados debido a que en gran parte descargan en los sistemas montañosos de las Subbéticas y Sierra Morena, necesitando espacios abiertos para su adecuada progresión. De ahí que las lluvias aumenten de W a E en relación con las líneas generales del relieve.

(16) HIGUERAS ARNAL, A. (1.961); obra citada, págs. 70 y siguientes.

De todas maneras, no parece que la disposición del relieve, en cuanto a posibilitar la acción debilitadora de los frentes que provienen del SW, sea suficiente para explicar una mayor pluviometría en la mitad oriental, ya que en la parte occidental y centro se registran máximos pluviométricos. Este hecho curioso es posible que esté relacionado con el fuerte calentamiento del suelo y la formación de tormentas muy localizadas.

El Cuadro II-VAH-8, y el Gráfico II-VAH-5 elaborado a partir del mismo, evidencian la importancia del relieve en cuanto a los totales anuales de lluvias. Así, Fuerte del Rey, estación situada a barlovento de zona montañosa (Las Atalayuelas), por efecto fohen, es la que registra menor cuantía de lluvias (491,02 mm), mientras que El Contadero, en pleno norte del macizo de Sierra Morena, acumula la mayor (739,46 mm). De todas maneras, más de la mitad de las estaciones están comprendidas en el intervalo de 550-650. No se evidencia, pues, contraste significativo entre estaciones respecto a los totales anuales.

De acuerdo con el Gráfico II-VAH-5, otro rasgo común a todas las estaciones es la presencia de un mínimo pluviométrico estival, que en ningún caso llega a convertirse en carencia absoluta, aunque debido a la intensa evaporación que se produce en estos meses de máximos térmicos, es necesario en ellos la mayor cantidad de agua para el riego.

Las estaciones de máxima precipitación son invierno y primavera, con un máximo secundario importante en otoño. Y ello como consecuencia del paso de las depresiones suratlánticas que entran, normalmente, por el Valle del Guadalquivir. En este sentido, es necesario destacar que durante el invierno este recorrido se produce, ya que las altas presiones establecidas sobre la Península no llega a afectar de un modo total a ésta, quedando parte de la España meridional libre de las mismas y, en consecuencia, con posibilidades

CUADRO II.VAH-8: PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES. mm

Nº ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
1 ANDUJAR	69,35	72,29	69,30	48,70	33,59	17,04	1,89	2,37	20,58	50,98	56,57	71,64	514,30
2 ARJONA	87,76	82,60	86,68	58,37	40,89	23,57	3,44	1,50	34,70	68,48	73,21	89,16	650,36
3 ARJONILLA	95,82	98,59	87,93	58,87	45,02	26,16	1,91	2,01	33,00	73,50	84,20	92,54	699,55
4 CAZALILLA	70,78	70,03	74,13	58,36	30,35	17,27	3,92	1,40	22,53	58,90	59,57	76,20	543,44
5 EL CONTADERO	95,78	97,15	89,61	65,69	54,97	34,91	3,14	4,00	35,40	77,95	90,19	90,67	739,46
6 ESPELUY	66,84	66,30	72,64	48,01	29,86	18,87	2,92	1,49	20,95	58,17	51,31	66,61	504,97
7 F. DEL REY	60,83	64,68	58,78	47,37	34,31	21,28	3,52	1,06	23,36	51,71	59,27	64,85	491,02
8 H. DE ARJONA	69,49	66,48	64,80	48,86	35,32	19,51	4,32	1,64	28,45	66,81	55,02	67,38	528,08
9 IOPERA	75,50	72,11	75,49	52,63	34,59	20,20	3,65	3,01	33,66	63,11	66,64	76,85	577,44
10 MARMOLEJO	89,22	86,23	84,21	67,56	46,25	23,50	3,90	1,54	26,71	80,13	78,87	80,13	668,25
11 MENGIBAR	74,24	67,72	71,31	51,57	32,02	22,03	4,19	0,39	21,90	65,16	54,87	69,38	534,78
12 PORCUNA	83,21	78,01	71,20	55,39	43,64	20,02	2,62	2,41	29,13	78,28	71,22	76,43	611,56
13 V. DE LA REINA	65,68	64,06	70,67	51,10	29,57	24,42	5,66	0,78	25,76	55,27	52,55	67,39	512,91

Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Comisaría de Aguas. Sevilla. Elaboración propia según Programa, en Anexo de "Programa de Estudios Agroclimáticos"

de ser atravesadas por las perturbaciones suratlánticas (17).

En conjunto, esta zona recibe una cantidad de lluvias que podemos considerar media en relación a toda la Provincia de Jaén. Los máximos pluviométricos estacionales nos indican un comportamiento climático mediterráneo, aunque no típico, existiendo aridez, no por las escasa pluviometría sino porque ésta está fuertemente contrarrestada por la alta temperatura media; sin embargo, y a pesar de ello, como tendremos ocasión de comprobar, raramente falta el agua para las plantas, teniendo que hablar, si acaso, de semiaridez.

c. COMPONENTES BASICOS DEPENDIENTES: EVAPO-
TRANSPIRACION POTENCIAL Y RESIDUAL, DISPONI-
BILIDADES HIDRICAS Y DIAS DE CRECIMIENTO
VEGETAL.

Conociendo la temperatura media mensual y aplicando la fórmula de Thornthawite, ya expuesta en el apartado de Metodología y en nuestro Anexo de Programas ("Programas de Estudios Agroclimáticos: Cálculo de las Evapotranspiraciones potenciales y residuales"), estamos en condiciones de conocer la evapotranspiración potencial (ETP) de las estaciones meteorológicas de estudio. El resultado se materializa en el Cuadro II-VAH-9.

Hay que resaltar, en cuanto al contenido de los valores de dicho cuadro, en primer lugar la importancia de la evapotranspiración potencial durante los tres meses de verano e incluso en septiembre, lo que está en relación con las elevadas temperaturas y bajas precipitaciones estivales de la zona. Vemos también que el volumen total anual de agua evapotranspirada, comparado con el agua caída, es sensiblemente mayor, lo cual es indicativo de la necesidad hídrica de los

(17) HIGUERAS ARNAL, A. (1.961): Obra citada, págs. 71-88.

CUADRO II -VAH-9 : EVAPOTRANSPIRACIONES POTENCIALES mm.

Nº ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
1 ANDUJAR	18,91	25,64	40,41	56,78	88,94	108,53	135,00	119,49	114,52	62,29	33,95	17,85	822,36
2 ARJONA	14,15	19,76	32,30	48,58	81,65	114,17	143,70	139,50	109,37	65,11	29,53	15,34	813,21
3 ARJONILLA	16,18	22,11	34,50	50,83	76,90	111,06	139,50	134,66	108,50	64,58	31,05	15,73	805,63
4 CAZALILLA	17,93	22,92	36,50	51,07	80,10	105,92	135,00	130,29	106,00	64,15	32,80	16,67	799,41
5 EL CONTADERO	16,90	22,94	35,11	51,25	73,54	107,73	135,00	126,58	106,27	63,42	31,36	15,59	785,73
6 ESPELUY	18,09	23,10	36,73	51,39	80,67	106,76	135,00	131,43	106,85	64,58	33,01	16,83	804,50
7 F. DEL REY	16,88	21,79	35,01	49,06	76,65	100,85	131,77	123,47	100,93	61,55	31,43	15,64	765,08
8 H. DE ARJONA	17,29	22,23	35,58	49,81	77,93	102,72	134,53	125,97	102,80	62,52	31,95	16,04	779,41
9 LOPERA	16,84	22,85	35,49	52,29	79,35	115,18	143,70	135,00	112,48	66,53	31,96	16,38	828,10
10 MARMOLEJO	17,19	22,85	33,37	50,76	66,62	120,61	147,80	143,70	111,23	71,16	31,89	15,59	832,81
11 MENGIBAR	18,25	23,27	36,97	51,72	81,26	107,63	135,00	132,60	107,71	65,01	33,23	16,98	809,68
12 PORCUNA	15,46	21,31	33,48	49,38	74,53	107,12	135,00	129,46	104,69	62,68	30,10	15,01	778,25
13 V. DE LA REINA	21,51	24,00	37,61	49,04	72,20	98,26	130,23	128,50	97,49	66,22	35,58	17,25	777,95

Fuente y elaboración: La indicada en Metodología. Ver Anexo del Programas.

suelos para utilizarlos agrariamente. No obstante, parece no existir problema en este último sentido durante gran parte del otoño, en todo el invierno, e incluso en marzo, por cuanto las precipitaciones entonces superan a la evapotranspiración potencial.

Conocidas las evapotranspiraciones potenciales de cada estación y por meses, determinamos las evapotranspiraciones residuales (ETR) y las disponibilidades hídricas, que como ya se dijo tienen una gran importancia fitológica, pues cuando los valores de las ETR son menores que las disponibilidades hídricas, ese tiempo y/o mes en que ello ocurre es potencialmente vegetativo "a priori", existiendo detención biológica cuando se da el caso contrario: evapotranspiraciones residuales mayores que las disponibilidades hídricas, también en principio.

En los cuadros II-VAH-10 y 11 insertamos los valores de salida, una vez aplicadas las fórmulas para su obtención con nuestro Programa, de las evapotranspiraciones residuales y disponibilidades hídricas de cada mes y para cada estación respectivamente.

En el primer cuadro (VAH-10) lo que realmente se nos está ofreciendo es información sobre las necesidades hídricas mínimas mensuales (medidas en mm o litros/m²) para que los cultivos o vegetación no se vean comprometidos, en el sentido de llegar a un proceso irreversible de secarse. Nótese, a partir de su observación, cómo esa necesidad hídrica mínima es mayor durante los meses de verano, lógicamente debido a la existencia de una alta evapotranspiración potencial y asimismo porque las precipitaciones son bastante cortas.

Sin embargo, observando el Cuadro II-VAH-11, en donde tenemos las disponibilidades hídricas de

CUADRO-VAH-10: EVAPOTRANSPIRACIONES RESIDUALES mm.

Nº ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
1 ANDUJAR	3,78	5,12	8,08	11,35	17,78	21,70	27,00	23,89	22,90	12,45	6,79	3,57	164,47
2 ARJONA	2,83	3,95	6,46	9,71	16,33	22,83	28,74	27,90	21,87	13,02	5,90	3,06	162,64
3 ARJONILLA	3,23	4,42	6,90	10,16	15,38	22,21	27,90	26,93	21,70	12,91	6,21	3,14	161,12
4 CAZALILLA	3,56	4,58	7,30	10,21	16,02	21,18	27,00	26,05	21,20	12,83	6,56	3,33	159,86
5 EL CONTADERO	3,38	4,58	7,02	10,25	14,70	21,54	27,00	25,31	21,25	12,68	6,27	3,11	157,14
6 ESPELUY	3,61	4,62	7,34	10,27	16,13	21,35	27,00	26,28	21,37	12,91	6,60	3,36	160,30
7 F. DEL REY	3,37	4,35	7,00	9,81	15,33	20,17	26,35	24,69	20,18	12,31	6,28	3,12	153,01
8 H. DE ARJONA	3,45	4,44	7,11	9,96	15,58	20,54	26,90	25,19	20,56	12,50	6,39	3,20	155,88
9 LOPERA	3,36	4,57	7,09	10,45	15,87	23,03	28,74	27,00	22,49	13,30	6,39	3,27	165,62
10 MARMOLEJIC	3,43	4,57	6,67	10,15	13,32	24,12	29,56	28,74	22,24	14,23	6,37	3,11	166,56
11 MENGIBAR	3,65	4,65	7,39	10,34	16,25	21,52	27,00	26,52	21,54	13,00	6,64	3,39	161,93
12 PORCUNA	3,09	4,26	6,69	9,87	14,90	21,42	27,00	25,89	20,93	12,53	6,02	3,00	155,65
13 V. DE LA REINA	4,30	4,80	7,52	9,60	14,44	19,65	26,04	25,70	19,49	13,24	7,11	3,45	155,59

Fuente y elaboración: La indicada en Metodología. Ver Anexo de Programas.

cada mes (diferencia entre precipitaciones y evapotranspiración potencial), vemos que nos da una información más precisa y significativa respecto a cuadros anteriores, sobre todo al de las precipitaciones. Y ello debido a que como el agua evapotranspirada no interviene en el crecimiento de las plantas, ahora sólo estamos considerando útil la que se atiene a la importancia de la precipitación; por lo que las disponibilidades hídricas mensuales son normalmente inferiores a la precipitación del mismo mes, pero puede ser mayor cuando exista un excedente hídrico del mes o meses anteriores.

Efectivamente, valorando dicho cuadro (VAH-11), se resaltan estaciones que tienen déficit hídricos importantes, considerando como tales cuando se dan más de cuatro meses de sequía anuales: este es el caso de la mitad de las estaciones desde julio a octubre ambos inclusive. Este hecho tiene importancia a efectos agrarios, si bien, salvo noviembre, en los restantes meses del año, y en prácticamente la totalidad de las estaciones, no hay sequía, es más, se da incluso un excedente hídrico: final del invierno y primavera sobre todo.

De todas formas, la magnitud real de esta cuantificación se refleja en el Cuadro II-VAH-12, en el que aparecen en número teórico de días con crecimiento vegetal (18). Cuadro del que se destaca el que todas las estaciones anualmente tienen un período bastante superior al de los 120 días con crecimiento, que es el mínimo necesario para la maduración de especies precoces; aún más, superan las estaciones los 200 días de crecimiento, también mínimo necesario para

(18) Para la elaboración se ha utilizado, como hasta ahora se ha hecho y se indicó en el apartado de Metodología, el procedimiento seguido por DIAZ ALVAREZ, J.R. (1.981), Tomo I, págs. 193, el cual aparece en nuestro Anexo de Programas ("Programas de Estudios Agroclimáticos: Cálculo de los días de crecimiento vegetal").

CUADRO-VAH- 11: DISPONIBILIDADES HIDRICAS mm

Nº ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1 ANCUJAR	126,83	173,48	202,36	194,28	138,92	47,43	0,00	0,00	0,00	0,00	22,61	76,39
2 ARJONA	194,45	257,29	311,66	321,45	280,68	190,08	49,82	0,00	0,00	3,36	47,03	120,85
3 ARJUNILLA	218,50	294,98	348,41	356,45	324,56	239,66	102,07	0,00	0,00	8,91	62,06	138,86
4 CAZALILLA	133,13	186,23	223,86	231,14	181,39	92,73	0,00	0,00	0,00	0,00	26,76	86,29
5 EL CONTADERO	227,30	301,51	356,00	370,44	351,86	279,04	147,18	24,60	0,00	14,52	73,35	148,43
6 ESPERLA	116,81	160,01	196,91	193,52	142,70	54,80	0,00	0,00	0,00	0,00	18,29	68,07
7 F. DEL REY	120,98	163,87	187,63	185,94	143,59	64,01	0,00	0,00	0,00	0,00	27,83	77,04
8 H. DE ARJONA	130,87	175,12	204,34	203,39	160,77	77,56	0,00	0,00	0,00	4,28	27,35	78,68
9 LUERA	153,78	203,03	243,03	243,37	198,60	103,62	0,00	0,00	0,00	0,00	34,67	95,13
10 MAFNOLERO	192,49	255,87	306,70	323,50	303,13	206,02	62,12	0,00	0,00	8,96	55,93	120,47
11 MARGIBAR	130,15	174,60	208,93	208,77	159,53	73,93	0,00	0,00	0,00	0,14	21,77	74,17
12 POSCUNA	185,87	242,56	280,28	286,29	255,40	168,29	35,91	0,00	0,00	15,59	56,71	118,12
13 V. DE LA REINA	111,20	151,32	184,37	186,42	143,79	69,94	-0,00	0,00	0,00	0,00	16,96	67,09

Fuente y elaboración: indicada en Metodología. Ver Anexo de Programas.

CUADRO II-VAH-12: DIAS DE CRECIMIENTO VEGETAL

Nº ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
1 ANDUJAR	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	0,00	6,38	31,00	310,38
2 ARJONA	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	0,00	0,00	7,00	31,00	281,00
3 ARJONILLA	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	0,00	0,00	16,19	31,00	290,19
4 CAZALILLA	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	20,00	0,00	10,94	31,00	314,94
5 EL CONTADERO	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	0,00	0,00	21,31	31,00	295,31
6 ESPELUY	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	0,00	0,00	30,41	303,41
7 I. DEL REY	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	0,00	12,86	31,00	516,86
8 H. DE ARJONA	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	0,00	0,00	0,00	27,78	270,78
9 LOPERA	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	0,00	15,88	31,00	319,89
10 MARMOLEJO	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	0,00	0,00	13,34	31,00	287,34
11 MENGIBAR	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	0,00	0,00	0,00	22,55	265,55
12 PORCUNA	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	0,00	0,00	19,42	31,00	293,42
13 V. DE LA REINA	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	0,00	0,00	29,34	302,34

Fuente y elaboración: La indicada en Metodología. Ver Anexo de Programas.

especies menos tempranas. Ello es consecuencia, fundamentalmente, de que las disponibilidades hídricas permiten ese crecimiento, pues su suma total supera siempre el total de la evapotranspiración residual anual, también en todas las estaciones.

Vemos, pues, cómo las condiciones físicas de la zona investigada, desde el punto de vista que en este apartado las estamos valorando, son favorables para el crecimiento vegetal de forma natural, ya que no existe carencia hídrica ni térmica que lo imposibilite (prácticamente la totalidad de los días con crecimiento vegetal no suelen presentar inhibición por falta de calor: temperaturas inferiores a los 7,5°C).

d. LAS CORRECCIONES HIDRICAS.

Hasta ahora hemos podido determinar los períodos de crecimiento en las plantas en condiciones naturales, es decir, a partir de las temperaturas y, sobre todo, del agua caída, pero sin tener en cuenta las pérdidas hídricas. Sin embargo, en este momento, y debido a esas elaboraciones ya efectuadas, podemos establecer algunas correcciones que hagan más completo este estudio valorativo.

En este sentido, podemos tratar de conocer la cantidad mínima de agua necesaria de adicionar mensualmente mediante regadío, estableciendo la diferencia entre las disponibilidades hídricas mensuales (D_t) y las evapotranspiraciones residuales mensuales (ETR). Calculamos entonces las necesidades ideales para que, sin haber pérdidas hídricas, haya suficiente para el crecimiento vegetal. En el Cuadro II-VAH-13 se exponen los valores.

Cuadro del que es importante resaltar el hecho de que prácticamente en todas las estaciones se necesita durante Julio, Agosto, Septiembre y Octubre, sobre todo en estos tres últimos meses, y en orden decreciente (de

CUADRO II-V-4H-13: NECESIDADES MINIMAS DE REGADIO mm

Nº ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
1 ANDÚJAR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,00	23,89	22,90	12,45	0,00	0,00	86,26
2 ARJONA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,90	21,887	9,65	0,00	0,00	59,43
3 ARJONILLA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,93	21,70	4,00	0,00	0,00	52,63
4 CAZALILLA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,00	26,05	21,20	12,83	0,00	0,00	87,09
5 EL CONTADERO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	21,25	0,00	0,00	0,00	21,96
6 ESPELUY	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,00	26,28	21,37	12,91	0,00	0,00	87,57
7 F. DEL REY	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,35	24,69	20,18	12,31	0,00	0,00	83,54
8 H. DE ARJONA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,90	25,19	20,56	8,21	0,00	0,00	80,88
9 LOPERA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,74	27,00	22,49	13,30	0,00	0,00	91,54
10 MARMOLEJO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,74	22,24	5,27	0,00	0,00	56,25
11 MENGIBAR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,00	26,52	21,54	12,86	0,00	0,00	87,92
12 PORCUWA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,89	20,93	0,00	0,00	0,00	46,83
13 V. DE LA RHINA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,04	25,70	19,49	13,24	0,00	0,00	84,49

Fuente y Elaboración: La indicada en Metodología. Ver Anexo de Programas.

más agua a menos agua), bastante regadío para que exista crecimiento vegetal; y que en los restantes meses del año tienen suficiente agua para su crecimiento normal mínimo.

En este cuadro, tal como se ha indicado, se han demostrado las necesidades mínimas de regadío que necesitan las plantas para su crecimiento vegetal, deducidas, salvo otras correcciones, a partir del agua caída al suelo. Sin embargo, y como sabemos, toda esa agua no es aprovechada por las plantas, sino que, o bien corre libremente por la superficie del suelo, o se infiltra en el mismo, siendo esta última agua la que, una vez captada por las plantas, sirve para su desarrollo.

Así pues, el estudio de las disponibilidades del subsuelo, concretamente la cuantificación de las aguas infiltradas en última instancia, nos matizará la posibilidad de alcanzar una utilización óptima de la dedicación agraria del suelo, mediante la compensación hídrica del regadío.

Se trata de realizar, a partir de nuestra Metodología, nuevas correcciones, ya que en el apartado siguiente: Valoración Hídrica, se hará un estudio analítico de las aguas del área.

En principio debemos de partir de la consideración (ya expresada en el apartado metodológico) de que las aguas de escorrentía y las infiltradas son componentes complementarios de las disponibilidades hídricas. Al mismo tiempo, como las aguas de escorrentía (D_e) pueden determinarse con aproximación mediante la fórmula de TURC, las infiltradas serán iguales a las disponibilidades hídricas totales (D_t) menos las disponibilidades hídricas de escorrentía (D_e), que comparándolas mes a mes con las necesidades del desarrollo fisiológico de las plantas (evapotranspiración residual: ETR), nos muestran unas nuevas necesidades mínimas

de regadío, en este caso a partir del subsuelo.

El Cuadro II-VAH-14 nos muestra los valores, una vez aplicada la fórmula, del agua escurrida. Valores que podrían ser negativos cuando el agua precipitada fuera muy poca. Este hecho no es extraño, pues entra dentro de la lógica con la convención de que el dato negativo presupone capacidad para recibir más agua sin que ésta corra libremente por el suelo, sino que está empapando las superficies extremadamente secas.

Asimismo también hay que indicar el que la fórmula presupone que el agua cae uniformemente durante todo el mes, lo cual es totalmente inexacto en nuestras estaciones, por lo que la escorrentía es eventualmente mucho mayor en la realidad que lo mostrado en el cuadro. Pero todo esto es algo cuya determinación no está a nuestro alcance.

De todas maneras, del referido cuadro se deduce la importancia cuantitativa de las aguas de escorrentía en todas las estaciones, en donde llega a alcanzar unos valores totales anuales cercanos, y a veces algo superiores, a la mitad del total del agua precipitada.

A destacar también cómo, lógicamente, durante los meses menos lluviosos (verano), la cantidad es mínima o nula, y al contrario, en las estaciones en que se producen el máximo de precipitaciones (primavera, e invierno, así como otoño), es cuando existe agua como para correr superficialmente.

El siguiente Cuadro II-VAH-15, nos muestra el valor de las aguas infiltradas (que llevan el arrastre acumulado de los meses anteriores), cuyo valor debe ser como mínimo igual a las ETR mensuales; cuando éstas sean mayores será necesario el regadío. Es pues el último Cuadro II-VAH-16

CUADRO II. VAH-14: AGUAS DE ESCORRENTIA. mm

Nº ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
1 ANDUJAR	46,64	48,33	43,18	22,28	8,28	0,70	0,00	0,00	1,47	23,64	32,12	49,05	275,74
2 ARJONA	65,65	59,50	61,34	31,93	13,77	2,43	0,00	0,00	7,88	39,14	48,69	66,79	397,17
3 ARJONILLA	73,33	74,95	62,35	52,22	17,41	3,52	0,00	0,00	6,97	44,03	59,27	70,18	444,26
4 CAZALILLA	48,45	46,86	48,67	31,76	6,90	0,79	0,00	0,00	2,27	30,63	35,34	53,96	305,67
5 EL CONTADERO	73,34	73,58	64,11	38,68	26,18	8,15	0,00	0,00	8,52	48,59	65,29	68,55	475,06
6 ESPELUY	44,54	43,17	48,09	22,43	6,57	1,15	0,00	0,00	1,73	29,87	27,60	44,55	269,76
7 F. DEL REY	39,38	42,27	34,67	22,52	9,75	2,01	0,00	0,00	2,75	24,88	35,64	43,47	257,39
8 H. DE ARJONA	47,54	43,79	40,13	23,61	10,28	1,41	0,00	0,00	4,88	38,30	31,44	45,72	287,15
9 LOPERA	52,96	48,58	49,81	26,16	9,47	1,36	0,00	0,00	7,11	33,90	41,86	54,36	325,63
10 MARMOLEJO	66,31	62,32	58,56	40,01	19,17	2,25	0,00	0,00	3,72	49,13	53,61	57,69	412,81
11 MENGIBAR	51,64	44,45	45,75	25,46	7,80	2,06	0,00	0,00	2,01	36,12	30,78	47,15	293,26
12 PORCUNA	61,31	55,14	46,57	29,49	16,70	1,47	0,00	0,00	5,14	49,10	47,11	54,73	366,81
13 V. DE LA REINA	43,12	41,16	45,42	25,67	6,95	3,23	0,00	0,00	3,83	27,34	28,66	45,50	270,93

Fuente y Elaboración: La indicada en Metodología. Ver Anexo de Programa.

CUADRO II-VAH -15: AGUAS INFILTRADAS mm

NE ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1 ANDUJAR	80,19	125,14	159,18	172,00	130,63	46,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,34
2 ARJONA	128,79	197,78	250,32	289,51	266,90	187,64	49,82	0,00	0,00	0,00	0,00	54,05
3 ARJONILLA	145,17	220,03	286,05	324,22	307,15	236,13	102,07	0,00	0,00	0,00	2,79	68,68
4 CAZELILLA	90,67	139,36	175,19	199,38	174,48	91,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,32
5 EL CONTADERO	153,96	227,92	291,88	331,75	325,67	270,89	147,18	24,60	0,00	0,00	8,05	79,87
6 ESPERUN	72,26	116,83	148,81	171,08	136,13	53,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,51
7 F. DEL REY	81,60	121,60	152,96	163,42	133,83	62,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,56
8 F. DE ARJONA	83,33	131,33	164,21	179,78	150,49	76,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,96
9 LOJERA	100,82	154,45	193,21	217,18	189,12	102,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,76
10 MARMOLEJO	126,18	193,55	248,14	283,49	283,96	203,76	62,12	0,00	0,00	0,00	2,32	62,77
11 MENGIBAR	78,51	130,14	163,17	183,31	151,73	71,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,01
12 POPUÑA	124,56	187,41	233,71	256,79	238,70	166,81	35,91	0,00	0,00	0,00	9,60	63,38
13 V. DE LA REINA	68,13	110,15	138,94	160,75	136,83	66,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,59

Fuente y Elaboración: la indicada en Metodología. Ver Anexo de Programas

denominado "Necesidades Acuosas", el que más nos interesa, al mostrar la cantidad de agua mínima con que se debe adicionar las plantas en cada estación y mes, ya que dicha agua no la pueden obtener mediante la humedad que captan del subsuelo.

Estas necesidades son, como se puede observar comparando, un poco superiores pero bastante conformes con las calculadas en el Cuadro de "Necesidades mínimas de regadío", produciéndose, como era de esperar, durante los meses de sequía e incluso en aquellos en que aún no existe suficiente humedad en el subsuelo, una necesidad de agua contabilizada experimentalmente y que llega a suponer, por término medio para todas las estaciones salvo para El Contadero, un quinto del total del agua caída.

II.A.3. SINTESIS DE VALORACION AGROCLIMATICA: LOS DIAGRAMAS.

Según se apuntó en la Metodología, en este último apartado se trata de efectuar una generalización a nivel del área estudiada o, en su caso, una concretización para cada una de las estaciones meteorológicas a partir de los estudios parciales hasta ahora realizados. La plasma-ción conceptual y gráfica se hace con el auxilio de gráficos.

Podíamos partir, en principio y de una forma muy amplia, de la consideración de que la repartición de las estaciones meteorológicas de nuestro estudio en el área es uniforme y representativa (salvo, como ya se indicó en el apartado b.1., en la parte de Sierra Morena). A partir de aquí vamos a interpretar los datos obtenidos en función de su incidencia agraria.

Debemos de tener en cuenta, en primer lugar, la temperatura media mensual necesaria para el crecimiento vegetal

CUADRO II-VAH-16: NECESIDADES ACUOSAS mm

Nº ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
1 ANDUJAR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,00	23,89	22,90	12,45	6,79	0,00	93,05
2 ARJONA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,90	21,87	13,02	5,90	0,00	68,70
3 ARJONILLA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,93	21,70	12,91	3,41	0,00	64,96
4 CAZALILLA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,00	26,05	21,20	12,83	6,56	0,00	93,55
5 EL CONTADERO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	21,25	12,68	0,00	0,00	34,64
6 ESPELUY	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,00	26,28	21,37	12,91	6,60	0,00	94,17
7 F. DEL REY	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,35	24,69	20,18	12,31	6,28	0,00	89,83
8 H. DE ARJONA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,90	25,19	20,56	12,50	6,39	0,00	91,55
9 LOPERA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,74	27,00	22,49	13,30	6,39	0,00	97,93
10 MARMOLEJO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,74	22,24	14,23	4,05	0,00	69,27
11 MENGIBAR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,00	26,52	21,54	13,00	6,64	0,00	94,71
12 PORCUNA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,89	20,93	12,53	0,00	0,00	59,36
13 V. DE LA REINA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,04	25,70	19,49	13,24	7,11	0,00	91,61

Fuente y Elaboración: La indicada en Meteorología. Ver Anexo de Programas.

(Tm mayor de 7,5°C). Para ello nos basamos en la información del Cuadro II-VAH-6, obteniendo el % de estaciones de la zona (generalizando como el % de la superficie zonal) que no alcanzan o que sobrepasan el nivel térmico fitológico mínimo necesario para el crecimiento.

En segundo lugar, y con igual procedimiento, obtenemos la información de los Cuadros II-VAH-10, 11 y 13, pudiendo generalizar el % de las estaciones que no llegan a las disponibilidades hídricas mínimas mensuales para satisfacer el desarrollo vegetal de las plantas (Evapotranspiración Residual menor que las Disponibilidades Hídricas).

Con los datos obtenidos se ha elaborado el siguiente Cuadro II-VAH-17, y a través del mismo se han sintetizado las curvas que representan a ambas consideraciones, construyendo el Gráfico II-VAH-6.

CUADRO II-VAH-17: CARACTERISTICAS TERMOHIDRAULICAS DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS.

<u>M e s</u>	<u>Nº Estaciones sobre 7,5°C</u>	<u>% sobre total</u>	<u>% Estaciones no cubren sus necesidades hídricas</u>	<u>% Estaciones con crecimiento vegetal.</u>
Enero	13	100	0	100
Febrero	13	100	0	100
Marzo	13	100	0	100
Abril	13	100	0	100
Mayo	13	100	0	100
Junio	13	100	0	100
Julio	13	100	69	31
Agosto	13	100	100	0
Septiembre	13	100	100	0
Octubre	13	100	77	23
Noviembre	13	100	0	100
Diciembre	11	85	0	85

Fuente y Elaboración propia

La representación gráfica de los datos del cuadro, nos refleja:

- El % de la superficie zonal (considerada mes a mes) en que el crecimiento vegetal es posible en condiciones normales (temperatura media superior a 7,5°C y Disponibilidades Hídricas mayores que la Evapotranspiración Residual: rayado oblicuo). Con este conocimiento podrían preverse los cultivos a efectuar en función de sus épocas vegetativas y de la duración de su ciclo.
- El % de la superficie estudiada en que es posible el crecimiento mediante el regadío (la temperatura media es superior a 7,5°C pero las Disponibilidades Hídricas son menores que las Evapotranspiraciones Residuales: rayado vertical).
- El % superficial teórico en que el crecimiento sería posible mediante la corrección térmica (sistema de invernaderos).
- La curva A señala el límite marcado por las disponibilidades hídricas; teóricamente, bajo ella, el crecimiento es posible.
- La curva B señala el límite que las temperaturas representan a nivel mensual, para el crecimiento vegetal. Debajo de la misma, el crecimiento térmico teórico es posible.

Se observa pues, mediante nuestros cálculos, que las posibilidades agrarias del área son, desde el punto de vista superficial, considerables y mensualmente grandes durante casi todo el año. Sin embargo, estas posibilidades se podrían ampliar enormemente mediante la corrección hídrica: el regadío, pero puede existir la dificultad de la falta de agua en las áreas superficiales y subterráneas de la zona. Pero esto es algo que abordaremos en el siguiente apartado.

De todas maneras, con la metodología seguida hasta ahora y con los datos que poseemos, podemos elaborar un tipo de diagrama más complejo, al mismo tiempo que más funcional, indicativo y menos generalizador: es el denominado Diagrama Agroclimático, que se ha construido para las 13 estaciones que disponemos. Mediante la explicación de dichos diagramas, agrupados por similitud climática, podemos alcanzar un mejor conocimiento de los caracteres agrológicos del área investigada.

Pero antes de entrar en dicha explicación debemos indicar que las 13 estaciones estudiadas se incluyen, atendiendo a la clasificación agroecológica de Papadakis (ELIAS CASTILLO, F. y RUIZ BELTRAN, L., 1.977), referente a los tipos de invierno como "Citrus (Ci)", ya que la temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío se sitúan entre 7° y -2,5°C; en cuanto a los tipos de verano atienden a las características de "Algodón más cálido (G)", al presentar una estación mínima libre de heladas mayor de 4,5 meses y una temperatura media de las máximas del mes más cálido superior a 33,5°C. Presentan, asimismo, y una vez establecida la equivalencia con estos tipos, un régimen de temperatura denominado "Subtropical cálico (SU)", y como tipo climático el "Mediterráneo".

Utilizando otras clasificaciones establecidas para constatar las posibilidades agrícolas, como la de Thornthwaite (ELIAS CASTILLO, F. y RUIZ BELTRAN, L: 1.977), que atiende a los regímenes de humedad, también todas las estaciones entran dentro de la denominación de "Mediterráneos Secos (Me)", o bien según Penman, que utiliza fórmulas diferentes al autor anterior para el cálculo de la evapotranspiración, serían "Mediterráneos húmedos (Me)". Para Thornthwaite, el tipo climático, basándose en el balance de agua de muestras estacionadas, es el "Mediterráneo Subtropical", caracterizado porque en estas zonas aún sin riego pueden dar buenos rendimientos los cereales de invierno, olivo,

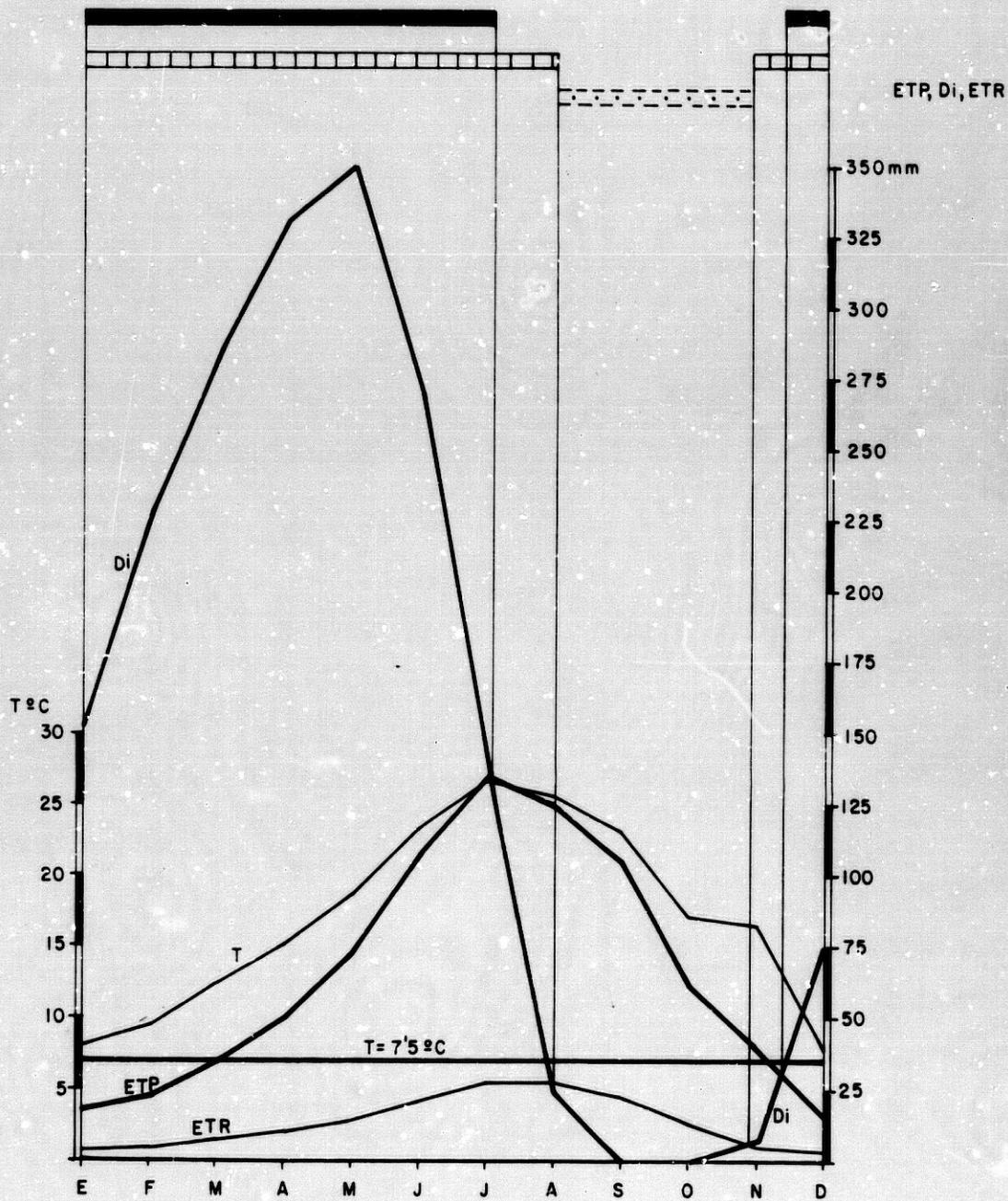
vid, almendro, higuera, etc., y con riego pueden citarse entre otros el algodón, cítricos, frutales caducifolios y hortalizas de excelente calidad.

Vemos así que, según los autores citados, climáticamente y en relación a los cultivos, prácticamente no existen diferencias de clasificación. Sin embargo, y como indicábamos anteriormente, detengámonos en nuestros diagramas para sacar mayor provecho de este estudio; en ellos se pueden hacer ciertas distinciones.

Comentábamos en primer lugar el diagrama de El Contadero (Gráfico II-VAH-7,), única estación servible y que hemos podido utilizar en zona montañosa (Sierra Morena), que presenta unas condiciones climáticas a destacar:

- Unas importantes disposiciones hídricas infiltradas que superan con creces la evapotranspiración potencial durante casi ocho meses del año, por lo que durante todo este amplio período existen excedentes de agua que deberán corregirse mediante drenaje dependiendo del tipo de suelo.
- Una fuerte evapotranspiración residual a finales del verano y parte del otoño que se sitúa por encima de las disponibilidades hídricas infiltradas, por lo que en este tiempo existe sequía; por el contrario, el resto del año, como la temperatura es superior a los $7,5^{\circ}\text{C}$ y las disponibilidades infiltradas superan a la evapotranspiración residual, existe posibilidad de crecimiento vegetal al no darse carencia térmica ni hídrica.
- Posibilidades térmicas durante todo el año, ya que los valores son superiores a $7,5^{\circ}\text{C}$, lo que permite el crecimiento vegetal en cualquier época.

GRAFICO II. VAH-7
 DIAGRAMA AGROCLIMATICO
 EL CONTADERO



Estamos en un clima que a grandes rasgos podemos clasificar como semihúmedo con sólo dos meses y medio de sequía, lo que no es el caso del resto de las estaciones, más cálidas y donde podemos hacer dos grandes grupos según períodos más o menos amplios de sequía.

Efectivamente, si la septentrionalidad y la altura veíamos que guardaban una correlación con las precipitaciones y con la disminución de las temperaturas, es lógico pensar que las estaciones y áreas de zonas más bajas deban responder a altas temperaturas, bajas precipitaciones, fuertes evapotranspiraciones potenciales y balances hídricos cortos, que conformarían, también a grandes rasgos, un clima cálido continental sin llegar a semiárido. Las doce estaciones restantes presentan las mencionadas características, en donde como acabamos de indicar diferenciamos:

- Las estaciones de Arjona, Arjonilla, Marmolejo y Porcuna (Gráficos II-VAH-8, 9, 10 y 11), cuya diferencia fundamental con el resto de las estaciones es el presentar una situación intermedia en cuanto al período de sequía: tres meses y medio, frente a los dos y medio de la estación anterior (El Contadero) o los cuatro y medio de las que comentaremos a continuación. El resto de los meses (ocho y medio) son potencialmente vegetativos.

Son estaciones que, como se puede observar en el "Mapa de Localización de Estaciones Climáticas" se sitúan en la zona occidental, y de cuyos diagramas en conjunto podemos deducir los siguientes caracteres (Gráfico II-VH-3):

- Posibilidades térmicas durante todo el año (algo común también con el resto de las estaciones), ya que durante los 12 meses tienen condiciones favorables para el crecimiento vegetal.
- Posibilidades hídricas que sobrepasan las necesidades

GRAFICO II VAH-8

DIAGRAMA AGROCLIMATICO
ARJONA

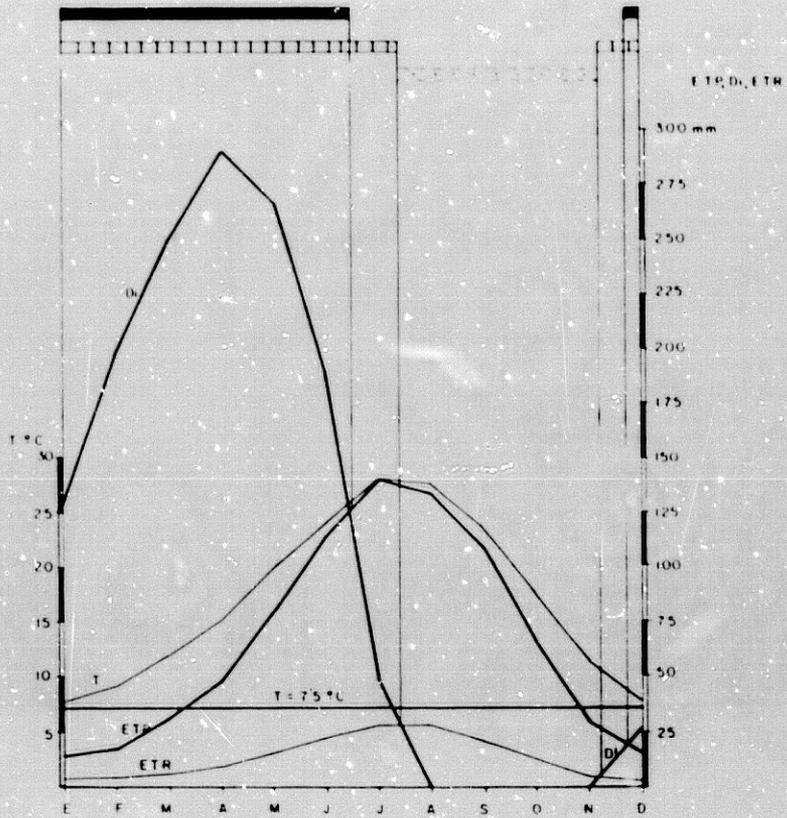


GRAFICO II VAH-9

DIAGRAMA AGROCLIMATICO
ARJONILLA

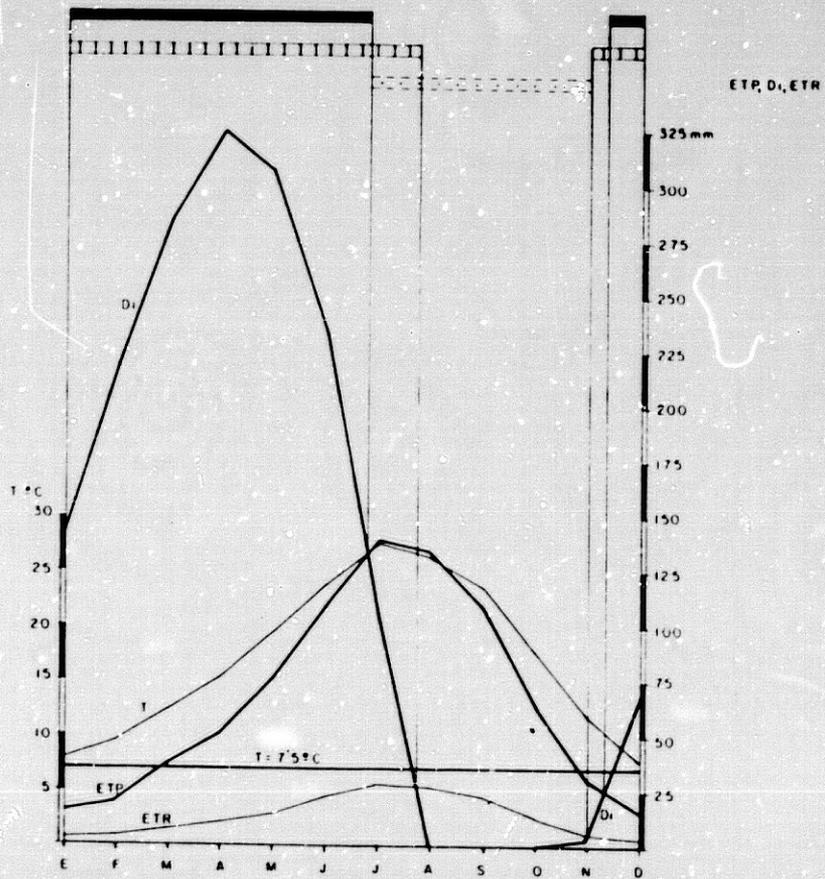


GRAFICO II. AVH-10
 DIAGRAMA AGROCLIMATICO
 MARMOLEJO

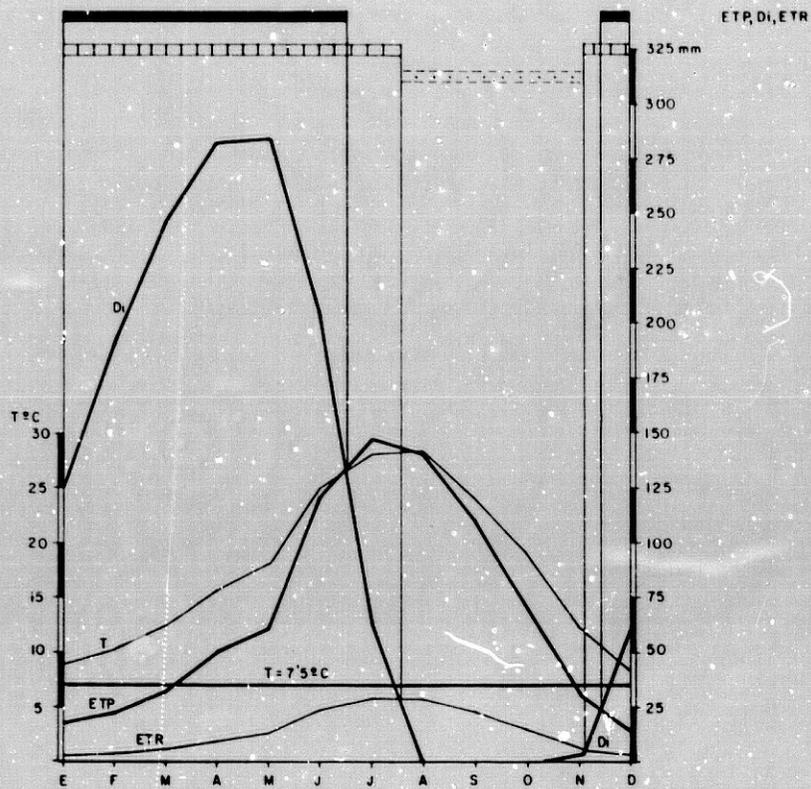
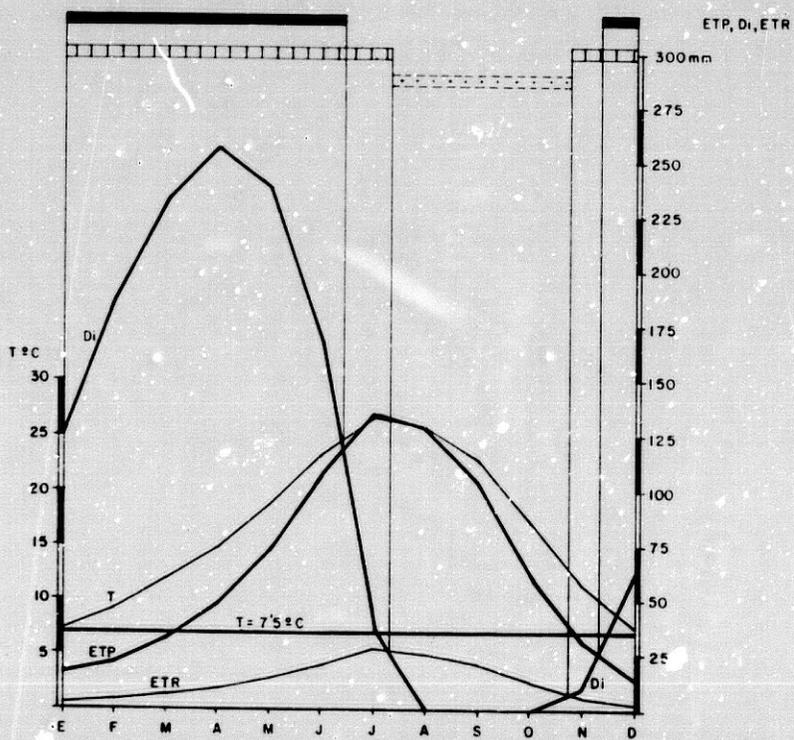


GRAFICO II. VAH-11
 DIAGRAMA AGROCLIMATICO
 PORCUNA



fitológicas desde Enero hasta mediados de Julio, y desde la primera década de Noviembre hasta finales de año, existiendo en gran parte de este período incluso un exceso hídrico que posiblemente deberá corregirse mediante drenaje.

- Una evapotranspiración residual por encima de las disponibilidades hídricas infiltradas aproximadamente desde la segunda quincena de julio hasta principios de Noviembre, por lo que al darse esta carencia hídrica se necesita agua adicional para el desarrollo vegetal mediante el regadío.

Por todo ello esta parte occidental, aparte consideraciones orográficas y edáficas ya analizadas y que indicábamos como favorables para el desarrollo agrario, dentro de un clima cálido, presenta unos inviernos y primaveras que suelen ser húmedos, por lo que puede cultivarse desde el monocultivo del olivar, tan enraizado en la zona, hasta el policultivo hortícola, algodón, frutales, e incluso podría considerarse el desarrollo de los denominados cultivos de primor, siempre y cuando a principios de primavera, por el riesgo de heladas tardías, se les protegiera convenientemente.

- Las estaciones de Andújar, Cazalilla, Espeluy, Fuerte del Rey, Higuera de Arjona, Lopera, Mengíbar y Villanueva de la Reina (Gráficos II-VAH-12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19), situadas en la parte central y, sobre todo, oriental, salvo Lopera, presentan a partir de los diagramas similares caracteres agroclimáticos; de éstos destacamos:

- Una temperatura media mensual, como en los casos anteriores, durante todo el año por encima del mínimo para el crecimiento vegetal ($7,5^{\circ}\text{C}$). Las condiciones térmicas son pues favorables.
- Unas disponibilidades hídricas infiltradas que se han reducido en relación a las cuatro estaciones

GRAFICO II VAH-14
 DIAGRAMA AGROCLIMATICO
 ESPELUY

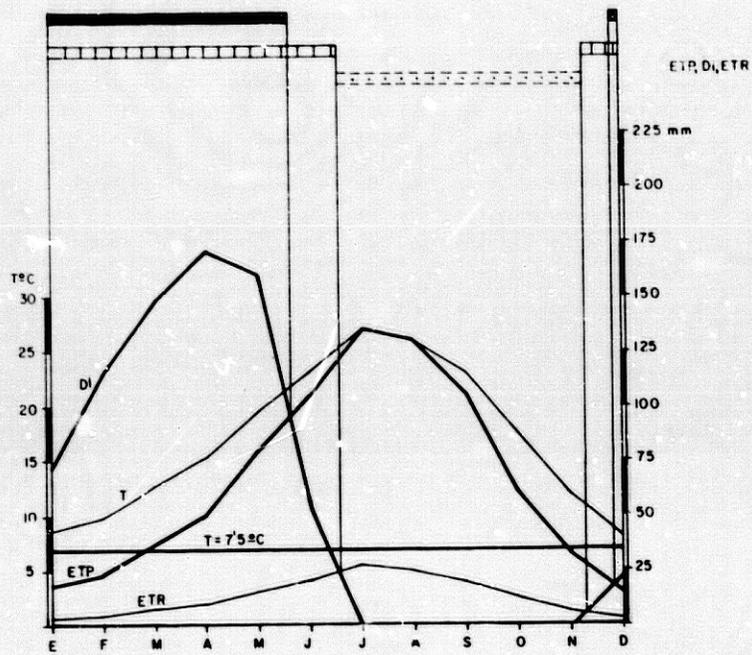


GRAFICO II VAH-15
 DIAGRAMA AGROCLIMATICO
 FUERTE DEL REY

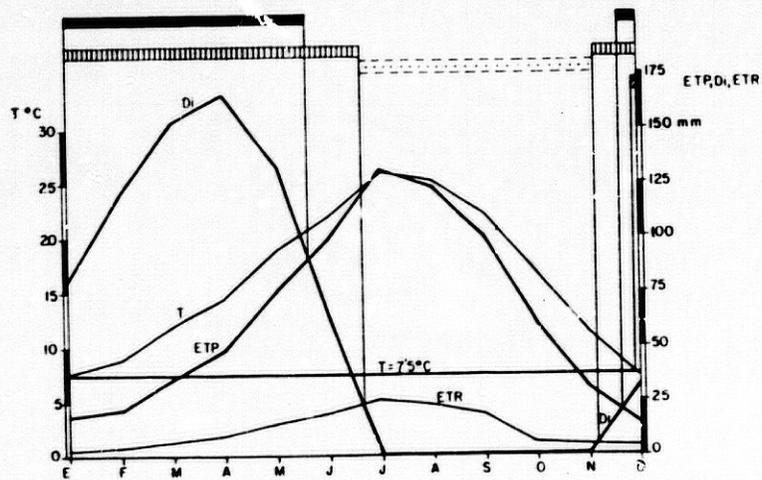


GRAFICO II. VAH-16
 DIAGRAMA AGROCLIMATICO
 HIGUERA DE ARJONA

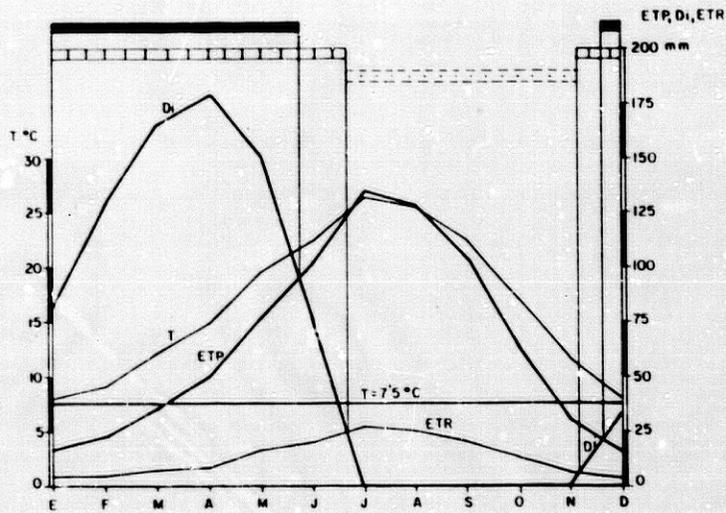


GRAFICO II. VAH-17
 DIAGRAMA AGROCLIMATICO
 LOPERA

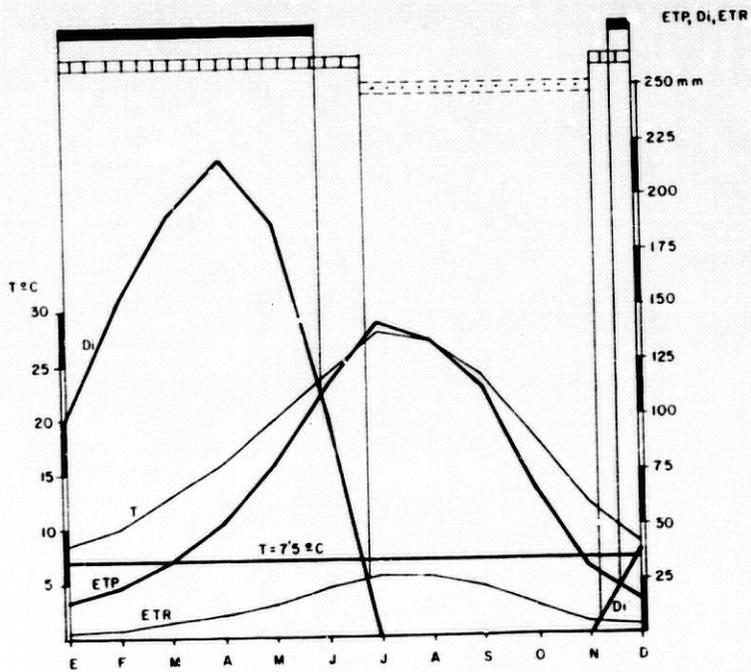


GRAFICO II. VAH-18
 DIAGRAMA AGROCLIMATICO
 MENGIBAR

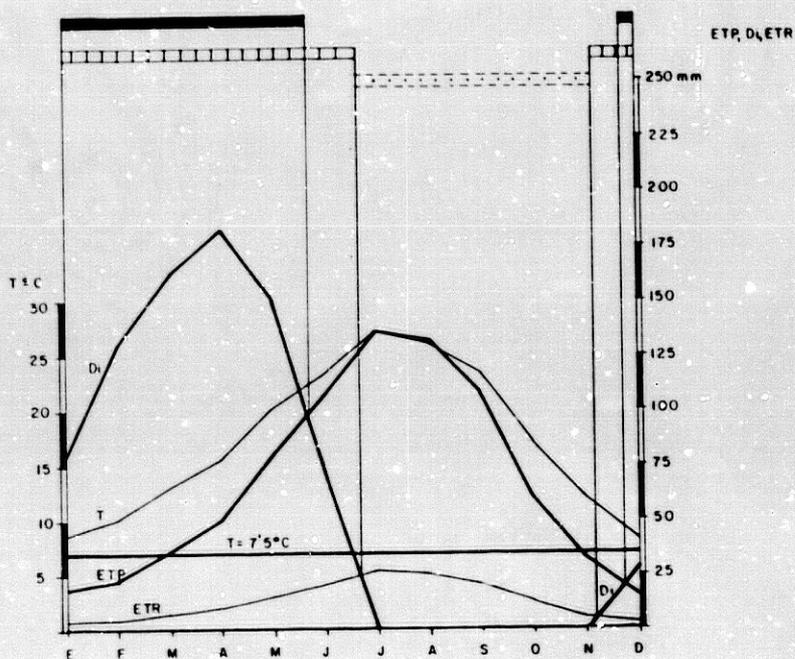
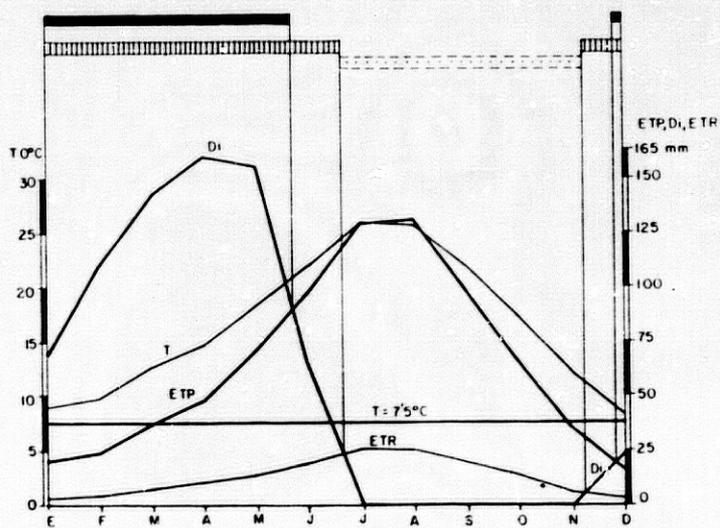


GRAFICO II. VAH-19
 DIAGRAMA AGROCLIMATICO
 VILLANUEVA DE LA REINA



comentadas antes, y sobre todo respecto a El Contadero, pero que sobrepasan a las evapotranspiraciones potenciales en el período que va desde principios de año hasta mediados e incluso finales de Mayo, y durante algunos días a finales de Noviembre y principios de Diciembre: son unos cinco meses con exceso hídrico, que se amplían a seis y medio o siete, período en el que las disponibilidades hídricas sobrepasan las necesidades fitológicas (disponibilidades hídricas infiltradas superan a las evapotranspiraciones residuales), por lo que durante este tiempo el desarrollo vegetal es posible.

- Un período de sequía levemente superior en relación a los anteriores casos. Concretamente en estas ocho estaciones las evapotranspiraciones residuales son más fuertes y están por encima de las disponibilidades hídricas infiltradas desde mediados de Junio hasta principios o mediados de Noviembre. Son unos cinco meses en que el regadío es imprescindible para que las plantas crezcan.

Es una zona, ésta que comentamos, donde la pluviometría es algo menor y los días de estío se han ampliado. De cualquier forma no existe, haciendo un análisis agrario, diferencia respecto a otras áreas estudiadas, si acaso podemos indicar un mayor desarrollo del olivar y, sobre todo, del cereal, girasol y vid, aún cuando van tomando importancia superficial los cultivos hortícolas en aquellos sitios de vega donde el regadío con agua del río Guadalquivir, directamente o a través de canales, es un hecho.

II.B. VALORACION HIDRICA.

Normalmente, entre geógrafos, los estudios hidrográficos se han abordado a partir del análisis de los componentes

morfológicos de las redes fluviales. Pero aún siendo esto importante, dadas nuestras pretensiones, la intencionalidad de este apartado es la de servir de complemento al anterior ("Valoración Agroclimática"), presentando una síntesis de las posibilidades o recursos hídricos de la zona investigada, con vistas a una integral utilización para su correspondiente dedicación agraria, todo ello desde un punto de vista teórico y experimental.

Las precipitaciones son la principal fuente de aprovechamiento de las posibilidades agrarias, sobre ellas actúan factores que restan ciertas cantidades mediante la evapotranspiración y el infiltrado; el resto son aguas de escorrentía que conforman las redes superficiales con capacidad de ser almacenadas (aguas reguladas). Asimismo estas aguas superficiales, si se han filtrado, pueden ser almacenadas en el subsuelo formando acuíferos que, una vez recargados por drenaje, pueden verter posteriormente en los cauces aguas abajo o descargar a través de los mantos subterráneos directamente al mar.

Se comprende así que en este apartado se haga un estudio valorativo diferenciando entre recursos hídricos superficiales y subterráneos, para posteriormente analizar su utilización para el regadío.

II.B.1. RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES: CUANTIFICACION.

Desde el punto de vista de la hidrografía superficial, es la cuenca regida por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (ríos Guadalquivir, Guadalete y Barbate), con 5.780,2 millares de hectáreas, la principal de Andalucía,

(19) Prácticamente la totalidad de la información básica de este apartado se ha obtenido de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en Sevilla y en su Delegación de Jaén, sobre todo en lo que respecta a aguas superficiales y embalses, si bien en este sentido también se ha completado esta información recogida en el artículo titulado "Infraestructura del regadío" en "Decadencia y Crisis en Andalucía", libro dirigido por VÉLARDE FUERTES, J. (1.982).

ya que atiende al 90,6% de la superficie regional.

En relación a la provincia de Jaén, 1299,8 millares de hectáreas están regidas por esta Confederación, lo que representa el 96,2% de su superficie, ya que el río Guadalquivir constituye la principal y prácticamente única cuenca (la del Segura con sólo 50 mil hectáreas es administrada por la Confederación que lleva su nombre).

Es la cuenca del Guadalquivir en la provincia de Jaén, con una superficie parcial de 808 Km² de superficie acumulada, la principal receptora de agua. El río Guadalquivir tiene un tipo único de régimen, en terminología de MASACHS-ALAVEDRA (20), el subtropical mediterráneo, donde el factor fundamental es la topografía (según hemos podido comprobar en el estudio de la correlación entre precipitaciones y componentes geográficos), de origen pluvial o en algún caso con un matiz pluvio-nival, lo que implica altas aguas invernales de origen pluvial (diciembre-febrero) con una ligera flexión de la curva en enero y agudos estiajes en agosto.

Centrándonos en nuestra zona de estudio: Campiña Baja y Valle de Andújar, lógicamente la totalidad de la red hidrográfica pertenece a la cuenca del Guadalquivir, distinguiéndose siete subcuencas del río (ver Gráfico II-VAH-20 : "Mapa de Subcuencas hidrográficas"). Subcuencas de las que para nosotros lo más importante es conocer sus recursos hídricos. Los cálculos teóricos de las escorrentías las evaluamos en función de las temperaturas y precipitaciones de cada estación y, al igual que las aguas infiltradas, en el apartado de "Valoración Agroclimática". Sin embargo, entre la teoría y la realidad, suele haber diferencias; por ello, hemos acudido a la observación directa presentando el siguiente Cuadro II-VAH-18:

(20) MASACHS-ALAVEDRA, V.: (1.942-1.954), pág. 96 y siguientes.

CUADRO II-VAH-18. CARACTERISTICAS DE LAS SUBCUENCAS

Subcuenca	Superficie en Km ²	Precipitac. en mm.	Coficiente escorrentía	Aportación media en H ³
Guadalbullón	1122(*)	744	0,20	167,0
Guadalquivir	511	550	0,23	64,0
Jándula	2480(*)	558	0,22	245,7
Rumblar	721(*)	650	0,37	111,3
Salado de Arjona	505(*)	650	0,28	91,9
Salado de Porcuna	808(*)	550	0,25	111,1
Yeguas	796(*)	750	0,26	151,3

Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Plan General. 1.976. Sevilla; VELARDE FUERTES, J. (dirigido por). 1.982. pág. 273. (*) Estas superficies no corresponden a nuestra zona de estudio exclusivamente, sino que están referidas al total de la subcuenca, al no haber encontrado datos concretos para nuestra área, ni haber podido cuantificar eficientemente.

Para un más profundo análisis de las caracterologías presentada en este cuadro, iniciamos un estudio separativo de las subcuencas:

a. SUBCUENCA DEL GUADALBULLON.

Con 1122 Km² de superficie es la cuarta en extensión en la provincia de Jaén, tras la subcuenca propiamente dicha del Guadalquivir, Guadiana Menor y Jándula. Sin embargo, en nuestra área ocupa una corta extensión: tan sólo recorre el término municipal de Mengíbar hasta su desembocadura en el Guadalquivir. Recoge agua de las Sierras de La Pandera, Jaén y de Lucena principalmente.

El origen de este río es doble: en la provincia de Jaén, en los derrames meridionales de la Sierra de La Pandera, concretamente en el arroyo Valdearrazo que más tarde alimentará al embalse de Quiebrajano; y en los límites de las provincias de Jaén y Granada, en el Subbético Medio e Interno (Sierra de Lucena, Montillana), donde nace el

río Dornillo, posteriormente denominado río del Campillo, el cual a partir de su confluencia con el Quebrajano en Puente Nuevo recibe ya el nombre de Guadalbullón.

Debido a la altitud de su nacimiento (inferior a los 2000 metros), y a su latitud, es un río, según MASCHS-ALAVEDRA, de régimen pluvio-subtropical, pues las nieves tienen una importancia muy relativa y sólo durante 2 meses aproximadamente en el invierno. Al mismo tiempo este régimen es bastante irregular (interanual de 40 a intermensual de 2000), como consecuencia de una pendiente media relativamente fuerte en el primer tramo de su curso, y un reparto de precipitaciones bastante variable.

En la geología de sus vertientes habría que distinguir entre las de su cabecera, que presentan una estratigrafía con predominio de calizas propias del dominio Subbético Interno, y las del tramo intermedio y final, donde el río ya ha abierto su camino formando pasillos en rocas blandas: margas, margocalizas del Jurásico y Cretácico, advirtiéndose restos de distintos niveles de glaciares y terrazas, así como formaciones miocénicas (margas y arcillas) y cuaternarias (conglomerados, arenas y arcillas) de corta extensión, en este último caso.

Partiendo de las cifras de precipitaciones que la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir considera como aportaciones a la subcuenca, según se refleja en el cuadro anterior, y dado que los desniveles a salvar por este río en la mayor parte del recorrido no son importantes, el coeficiente de escorrentía (21) es corto, el más corto de los ríos estudiados, lo que supone una aportación media a la cuenca (calculada teóricamente al no existir estación de aforo) de 167 Hm^3 por año (22).

(21) El coeficiente medio de escorrentía se calcula dividiendo el volumen total de las aguas escurridas en toda la cuenca por el volumen total de las aguas caídas.

(22) Hemos de indicar que si bien es relativamente fácil obtener cifras aproximadas, las cifras exactas, al estar regidos estos recursos por fenómenos meteorológicos, son siempre variables. De todas maneras como la única fuente de datos es la que aporta la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, es la que se ha tenido en cuenta, considerándola como suficiente para la finalidad de nuestro trabajo.

b. SUBCUENCA DEL GUADALQUIVIR.

Al río Guañalquivir puede considerársele como el río andaluz por antonomasia, por la extensión de su cuenca, número y longitud de sus afluentes, por su caudal, por sus recursos y explotación, etc. En su curso alto, que comprende la totalidad de las tierras de la provincia de Jaén al finalizar éste en Andújar-Marmolejo, tiene su nacimiento oficial: en plena Sierra de Cazorla, "unos dos kilómetros aguas arriba por la Cañada de las Fuentes", o como señaló en el siglo II d.de C. Plomoneo, en el "mismo macizo montañoso de la Orospeña" (23).

A partir de su nacimiento, y una vez que ha salido del pantano del Tranco de Beas, recibe afluentes tan destacados como el Guadalimar, Guadalén, Guadiel, Jándula, De las Yeguas, por su margen derecha, y Guadiana Menor, Jandullilla, Guadalbullón, Salado de Arjona y Porcuna, junto al Guadajoz, por su margen izquierda.

Antes de comenzar su curso medio atraviesa el Valle de Andújar longitudinalmente desde su confluencia con el río Guadalbullón (en Mengíbar) hasta el límite con la provincia de Córdoba (cerca de Marmolejo), con una extensión de 511 Km². Es a esta porción inferior de su curso alto a la que denominamos subcuenca propiamente dicha, y cuyos caracteres se muestran en el cuadro anterior.

Los rasgos geológicos de esta subcuenca son simples. Afloran sobre todo materiales modernos: miocenos (conglomerados, margas, arcillas, arenas), si bien cerca de Marmolejo aparecen conglomerados y areniscas del Triás, que deben continuarse posiblemente por el fondo del valle en una extensión más o menos amplia; y cuaternarios bien representa-

(23) Véase la magnífica publicación de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en conmemoración de su "Cincuentenario" titulada "Guadalquivires". Cádiz, 1.977, págs. 156-157, siendo asimismo interesante, como toda la obra, su estudio geológico de la cuenca del Guadalquivir e hidráulico.

dos, tratándose de conglomerados, arcillas, limos y gravas, que se corresponden con antiguos mantos coluviales depositados sobre todo por aguas de arroyada (se sitúan a cierta altura sobre el cauce), y los más modernos forman parte de terrazas fluviales encajados en el mismo valle.

Es un río de régimen pluvio-subtropical, o en algún caso pluvio-nival (en terminología de MASACHS-ALAVEDRA), si bien su caudal medio anual es corto en relación con la superficie total de la cuenca y con la importancia de los sistemas montañosos que le rodean. Pero es de señalar que la cuenca del Guadalquivir presenta como rasgo más importante una gran irregularidad tanto interanual como anual, siendo un río de fuertes descensos en verano y crecidas importantes durante el invierno en su cabecera, y también en otoño, aguas abajo. Por el contrario, sí es un río notable en cuanto a los recursos hidráulicos.

Como hemos indicado, nosotros hemos definido como subcuenca a todo el tramo del Guadalquivir en nuestra zona de estudio, sin embargo la Confederación del Guadalquivir distingue en el mismo un total de seis subcuencas, cuyos caracteres mostramos en el siguiente cuadro, y que hemos agrupado simplificando para una mejor exposición (Cuadro II-VAH-19).

Como señala la mencionada Confederación, en esta subcuenca no existe ninguna estación de aforo que nos de datos de aportaciones naturales, por lo que la fiabilidad de sus conclusiones estadísticas mostradas en los cuadros precedentes son un tanto discutibles, pero tenemos que aceptarlas como única aproximación teórica existente para evaluar los recursos hídricos. Así se indica un coeficiente de escorrentía del 0,23, de los más bajos de las subcuencas estudiadas, que corresponde a unas precipitaciones cortas, y sobre todo a una pendiente media bastante baja, de ahí el que la aportación media a partir de estas aguas escurridas sea sólo $64,1 \text{ Hm}^3$.

CUADRO II-VAH-19. CARACTERES DE LAS SUBCUENCAS DEL GUADALQUIVIR EN LA ZONA.

<u>Nº de orden</u>	<u>Denominación</u>	<u>Superficie en Km²</u>	<u>Precipit. en mm.</u>	<u>Coefficiente escorrentía</u>	<u>Aportación media en H³</u>
8	Del Guadalbullón al Guadiel	37	540	0,18	3,6
10	Del Guadiel al Rumblar	22	570	0,18	2,2
12	Del Rumblar al Jándula	324	575	0,21	39,1
14	Del Jándula al Salado de Arjona	56	660	0,24	8,7
16	Del Salado de Arjona al Yeguas	44	600	0,26	6,9
19	Del Yeguas al Salado de Porcuna	28	590	0,22	3,6

Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.
Elaboración propia.

c. SUBCUENCA DEL JANDULA.

El río Jándula, tras el Guadalimar, es el afluente más importante del Guadalquivir en la provincia de Jaén en cuanto a su superficie, sin embargo en relación a la aportación media en Hm³ se sitúa en cuarto lugar tras el Guadalimar, Gadiana Menor y Guadajoz. En nuestra zona ocupa respecto a ambos valores la mayor importancia.

Su origen se sitúa en la cara norte de Sierra Morena, en plena provincia de Ciudad Real (cerca de Brazatortas). Sus aguas empiezan a sufrir contaminación al recoger residuos mineros y de industria petroquímica en Puertollano, entrando en el término municipal de Andújar por la Sierra de Los Calderones. Más tarde, el embalse que lleva su nombre regula gran parte de la subcuenca que tiene una superficie total de 2480 Km². Se une al Guadalquivir por su margen derecha al oeste de Andújar.

A lo largo de toda su vertiente, el Jándula recorre formaciones geológicas que comprenden, prácticamente en su totalidad, la gran unidad estructural denominada Macizo Ibérico o Macizo Hespérico, concretamente sus zonas: Centro-ibérica en el curso alto, Batolito de Los Pedroches en el medio, y de Osa-Morena en el curso bajo. La primera con una litología de pizarras, cuarcitas, arenas y calizas de escasa permeabilidad; la segunda con granito impermeable; y la tercera con pizarras, cuarcitas, arenas y calizas con una permeabilidad algo mayor al alternar conglomerados y areniscas del Trías en algunos puntos. Junto a su confluencia con el Guadalquivir discurre este río sobre conglomerados, arenas y arcillas de edad miocena, pliocena y, sobre todo, cuaternaria.

Es un río muy irregular debido a las variaciones interanuales e intermensuales de las precipitaciones en su cuenca. Sin embargo, al tener que salvar el río unos desniveles relativamente fuertes (en su curso alto fundamentalmente), lo que hace que las escorrentías sean importantes, unido a una naturaleza normalmente impermeable de su superficie, las precipitaciones son bastante bien aprovechadas, ya que su cuenca almacena normalmente $245,7 \text{ Hm}^3$ al año, según valor directo obtenido por la Confederación en la estación de aforo de su desembocadura.

d. SUBCUENCA DEL RUMBLAR.

Sin ser comparable en extensión a las del Guadalbullón y Jándula, la subcuenca del Rumblar con sus 721 Km^2 de superficie total, sí es importante, sin embargo, en cuanto a recursos hidráulicos.

Debido a la altitud de su nacimiento (1100 metros), en pleno centro oriental de Sierra Morena (concretamente en la Sierra de San Andrés, en el límite con la provincia de Ciudad Real), es un río de montaña, de régimen pluvial como los anteriores que, como consecuencia de su corto

curso, tiene una pendiente bastante acusada (del 12,5%).

Estas características, junto a su fortísima irregularidad (próxima a 90), le lleva a tener un coeficiente de escurrentía medio fuerte también: 0,37, y unos escurrimientos asimismo importantes: aportación media en Hm^3 de 111,3 anuales, según registros de la estación de aforo de su desembocadura situada a una cota de 210 metros al noroeste de la localidad de Espeluy.

Por todo ello, el Rumblar es un típico río de Sierra Morena. Además, su cauce discurre por todo el conjunto de materiales antiguos de que está compuesta esta Sierra que van desde el Ordovícico al Carbonífero (predominio de cuarcitas, pizarras, areniscas y granito), salvo en su curso bajo, ya cerca del Guadalquivir, donde la naturaleza de las formaciones es más reciente: Mioceno (margas y arcillas) y Cuaternario (arenas, arcillas y conglomerados).

Como tendremos ocasión de comprobar más tarde, y tal como se acaba de indicar, a esta subcuenca hay que tenerla bastante en cuenta a la hora de evaluar sus reservas de agua y, sobre todo, la utilización que se hace de la misma: abastecimiento, riego y electricidad, puesto que prácticamente en su totalidad son aprovechadas en nuestra zona de estudio.

e. SUBCUENCA DEL SALADO DE ARJONA.

Es, junto con el Guadalbullón y el Salado de Porcuna, el río que deja sus aguas en el Guadalquivir por su margen izquierda en el área investigada. Denominado en su primer tramo río Salado de Los Villares, por el gran contenido en salinidad de sus aguas, tiene su origen en la vertiente septentrional de la Sierra de Jabalcuz a unos 1000 metros de altitud (en La Grana), atravesando posteriormente el piedemonte del Subbético Externo jiennense y, sobre todo,

la Campiña Alta y Laja con una pendiente muy corta, hasta dejar sus aguas en el Guadalquivir, ya en tierras de Marmolejo.

Discurre, pues, salvo en su breve curso alto, por terrenos de la gran unidad del Valle del Guadalquivir, en donde habría que diferenciar por un lado aquellos que aparecen en su curso medio y que pertenecen a las Unidades Alóctonas del Guadalquivir: margas, calcarenistas y calizas del Triás, que reciben el nombre genérico de "olitostromas" (entremezcla de materiales procedentes del subbético que han llegado aquí con otros depositados "in situ"); y las formaciones que corresponden al Mioceno (margas, margocalizas, arcillas) y al Plio-Cuaternario (conglomerados,, arenas, arcillas). La morfología de estos terrenos, caracterizada sobre todo por sus formas suaves (lomas y colinas débilmente onduladas), de acuerdo con la existencia de rocas blandas y deleznable, debe bastante a la erosión de los ríos, arroyos y barrancos que ocupan la mayor parte de la mitad sur de la zona. Este es el caso de la impronta que ha dejado en el relieve el Salado de Arjona y sus numerosos arroyos y barrancos que van a parar al mismo.

La superficie de esta subcuenca es la más corta de las que estamos comentando: 505 Km². Al mismo tiempo que por presentar un régimen pluvial subtropical con una irregularidad de precipitaciones muy grande (en verano prácticamente no tiene agua), y por su poca pendiente, se trata de un cauce calificable como endoarreico (bajas precipitaciones, naturaleza permeable de los suelos que empapa, y morfología de superficies normalmente planas que dificultan el drenaje), presentando un coeficiente de escorrentía de 0,28, y una aportación media de sólo 91,9 Hm³, según datos teóricos de la Confederación ya que no existe en la subcuenca ninguna estación de aforo, pero que consideramos aún algo excesivos.

f. SUBCUENCA DEL SALADO DE PORCUNA.

Es una subcuenca del Guadalquivir, como la anterior, de escasa importancia, de régimen pluvial subtropical, con unas precipitaciones también bastante irregulares y algo más cortas, y con un cauce de carácter igualmente endo-arreico.

No estamos, evidentemente, en un río de gran caudal, como suele ocurrir con estos cursos de agua que tienen su origen en el Subbético más Externo y Prebético occidental de la provincia de Jaén (en este caso el Salado de Porcuna nace en la Sierra de Martos).

Como el Salado de Arjona, también recorre la Campiña Alta y Baja, en algunos casos formando amplias vallonadas en las formaciones margosas y arcillosas del Mioceno, e incluso en las arenas y conglomerados del Plio-Cuaternario, donde al mismo tiempo pueden diferenciarse varios niveles de aterrazamiento fluvial.

Se corresponde este río, denominado también arroyo, con áreas de no demasiado elevadas precipitaciones (unos 650 mm de media a lo largo de la cuenca al año) y de elevada evapotranspiración potencial, como vimos en el estudio del clima. A pesar de ello, su coeficiente de escorrentía: 0,25 es superior al de los ríos Guadalquivir y Jándula, de bastante mayor superficie, lo cual es explicable por la litología de la superficie de su cuenca de gran permeabilidad, por lo que la aportación media anual es significativa: $111,1 \text{ Hm}^3$, también según datos de la Confederación evaluados teóricamente ya que en este caso tampoco existe estación de aforo, y que al igual que para el Salado de Arjona consideramos excesivos.

g. SUBCUENCA DEL RIO YEGUAS.

El Yeguas (o también De Las Yeguas), río que sirve de límite natural en Sierra Morena occidental entre las provincias de Córdoba y Jaén, es bastante similar al Rumblar en longitud y pendiente, si bien la superficie de su cuenca, en este caso, es algo mayor: 796 Km², y la irregularidad de las precipitaciones bastante menor (índice interanual de 20).

En la Sierra Madrona a una cota de 1200 metros, el arroyo del Endrinar y el de los Caños, en las provincias de Córdoba y Ciudad Real respectivamente, le sirven de nacimiento, discurriendo su cauce por terrenos de una gran variedad litológica, al mismo tiempo que recibe aguas de ríos y/o arroyos importantes como el Valmayor o el Cabrera. Discurre, en principio, por terrenos silúricos (pizarras y cuarcitas), atraviesa dos veces el Carbonífero (pizarras, areniscas, cuarcitas y calizas) y, entre ambos, el batolito granítico que se prolonga por Los Pedroches; finalmente pasa por la mancha triásica cerca de Marmolejo (conglomerados, areniscas, arenas y arcillas), y desemboca en el Cuaternario aluvial (arenas, limos, gravas).

En su curso no existe ninguna estación de aforo, por lo que tenemos que aceptar, como en otros casos, los datos teóricos de la Confederación que asigna a este río un coeficiente de esorrentía de 0,26, y unas posibilidades de aguas escurridas a su cauce relativamente importantes, similares a las del Rumblar pero más altas: 151,3 Hm³ anuales.

II.B.2. LOS RECURSOS HIDRICOS SUBTERRANEOS: APROXIMACION A SU ESTUDIO.

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) viene desarrollando a nivel nacional, a través de su División

de Aguas Subterráneas y en cumplimiento de las misiones de investigación hidrológica que tiene encomendadas, un programa de estudio para la adecuada gestión y conservación de los acuíferos. Esta actividad constituye una lógica labor de continuación y perfeccionamiento de los conocimientos obtenidos con la realización del Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (P.I.A.S.).

A pesar de la existencia de estos estudios generales, como los ya realizados en nuestra área, se ha hecho necesaria la definición más precisa de las condiciones hidrológicas en base a conseguir un mejor aprovechamiento y/o planificación de los recursos. Así surge el "Proyecto de Investigación Hidrológica de los sistemas acuíferos de la región Pasadas-Bailén-Ubeda", encomendado por el Instituto Geológico y Minero de España a la empresa de Investigaciones Geológicas y Mineras S.A. (INGEMISA). Proyecto que recoge información sobre acuíferos subterráneos en nuestra zona y que tiene como objetivo principal el de "obtener información necesaria para poder planificar la utilización óptica de los recursos de agua de los diferentes acuíferos" (24). En el mismo nos dan información hidrológica sobre dos tipos de acuíferos desarrollados sobre las siguientes unidades y siempre en relación a nuestra área:

- Mioceno de borde de la Meseta entre Almodóvar del Río y Andújar.
- Unidad o acuífero del Rumblar.
- Terrazas aluviales del Guadalquivir entre Almodóvar del Río y Mengíbar.

La consideración de esta información individualizada en el área es la siguiente:

(24) Debemos a D. Manuel del Valle, geólogo del Instituto Geológico y Minero de España en su Delegación de Granada, la posibilidad de haber tenido acceso a esta fuente inédita y única para el estudio de las aguas subterráneas, ya que ni en la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, ni por parte del Departamento de Hidrología de la Universidad de Granada (según comunicación de su Director Dr. Pulido), se han realizado trabajos al respecto en nuestra zona.

a. SECTOR DE ANDUJAR-MARMOLEJO.

En el Mapa Hidráulico elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (Gráfico II-VAH-21) se observa que comprende toda la zona alrededor y por encima de Marmolejo, así como cerca de Andújar. Es el sector de menor interés para el estudio realizado en lo que se refiere a la unidad del Mioceno de base. El acuífero del Mioceno aflora en una extensión inferior a los 5 Km². Las terrazas aluviales quedan desconectadas en gran parte del sector por la presencia de amplias manchas de margas Tortonienses que las individualizan.

Concretamente el Mioceno de base (como unidad) aflora entre el meridiano de Villa del Río y el río Jándula, con un progresivo acuñaamiento de Este a Oeste, variando su espesor desde 12 metros en el margen izquierdo del río Jaándula hasta 8 metros al noroeste de Marmolejo.

Los sondeos realizados han detectado pequeños manantiales con caudal comprendido entre 2 y 5 litros/segundo (1/2), ligados tanto a materiales miocénicos como al Trías. Próximo a Marmolejo se realizó un sondeo que presumiblemente captaría el acuífero y que cabe la duda de si corresponde realmente a material correspondiente al Mioceno o al Trías, el cual proporcionó un caudal de 15 l/s, si bien actualmente no se utiliza por clausura de la fábrica a la que abastecía.

Por otro lado, los depósitos pliocuaternarios existentes en los alrededores de Marmolejo se superponen a los del Mioceno de base, destacando en ellos una intensa actividad agrícola y ganadera. Así, de los análisis de agua realizados en relación a este acuífero, se pone de manifiesto la existencia de facies sulfatadas cálcicas y la presencia de un elevado contenido en los distintos iones (total de sólidos disueltos), destacando su alta concentración en Nitratos, que puede estar directamente relacionado

con esas prácticas agrícolas y ganaderas citadas sobre el Pliocuaternario suprayacente.

Sobre los depósitos aluviales (Unidad de terrazas aluviales) se sitúa también este acuífero, en donde presenta unas excelentes características hidráulicas, al mismo tiempo que su relación con el Guadalquivir (que puede alimentarlo), permite la existencia de numerosas captaciones en explotación (pozos).

Los resultados más significativos se han obtenido en los aforos situados junto a arroyos que proceden de material Paleozóico y que atraviesan las terrazas aluviales hasta su desembocadura en el río Guadalquivir. Al mismo tiempo también se ha constatado que en la época de estiaje se pone de manifiesto un drenaje del acuífero cuaternario a estos arroyos en torno a los 35 l/s.

Los caudales de los pozos que explotan las terrazas son en general de unos 10-20 l/s, aunque excepcionalmente llegan a superar los 100 l/s, y de acuerdo con los resultados químicos realizados, el agua presenta un total de sólidos disueltos variable, con predominio de facies bicarbonatadas cálcicas.

b. SECTOR DEL RUMBLAR.

Se trata del más oriental de los sectores que considera el Proyecto, y el segundo en nuestra área, presentando unas características diferentes al anterior, en él se distingue la Unidad o acuífero del Rumblar que constituye el área con mayor información, ya que fue objeto de estudio en el Proyecto del Guadalquivir (IGME), con la ejecución de numerosos sondeos de investigación y preexplotación.

De acuerdo con la definición que más adelante se realiza, la Unidad del Rumblar presenta una superficie de unos 402 Km², en los que afloran fundamentalmente depósi-

sitos pliocuaternarios. Las terrazas aluviales ligadas al río Guadalquivir están desarrolladas al sur de esta unidad, presentando un menor interés hidrológico que en el sector anteriormente considerado. El río Rumbero y el arroyo Escobar, delimitan a esta unidad o sector del Rumbero.

Como características litológicas y geométricas hay que señalar el que este acuífero en esta zona se encuentra en su mayor parte ocupado por depósitos pliocuaternarios. No obstante, el acuífero también podría estar constituido por materiales detríticos pertenecientes tanto a esta edad como al Mioceno e incluso al Trías. El Pliocuaternario lo constituyen en superficie conglomerados hectarométricos con un matiz limo-arenoso o arcillosa y cantos cuarcíticos muy redondeados. Por su parte el Mioceno de base aflora escasamente, y está constituido fundamentalmente por arenas y areniscas.

La diferenciación de estos dos tramos en las columnas litológicas de sondeos disponibles es siempre problemática. El conjunto detrítico Mioceno-Pliocuaternario presenta en dichos sondeos espesores variables desde 30-50 metros hasta más de 150 metros, constituido por niveles de arenas, areniscas, gravas y conglomerados, que alternan con otros de limos, limos arcillosos y margas, siendo este conjunto el que aporta al parecer la mayor parte de agua. El Trías, por su parte, está representado esencialmente en superficie.

En definitiva se trata, por consiguiente, de un acuífero de tipo multicapa por los niveles detríticos de cualesquiera de los materiales descritos, sin que se pueda establecer, de acuerdo con la información proporcionada por los sondeos existentes, una clara atribución a dichos niveles en cada caso concreto. El espesor total de los materiales detríticos podría superar en determinados puntos a los 200 metros.

El substrato impermeable lo constituyen en general

granitos y materiales paleozóicos que afloran en los bordes oriental y occidental. Así gran parte de los sondeos realizados ha alcanzado los granitos a profundidades variables entre 75 y más de 200 metros. Concretamente el límite occidental del acuífero queda definido por materiales paleozóicos y rocas intrusivas mediante una importante fractura, mientras el límite oriental lo definen afloramientos arcillosos del Trías y en parte afloramientos graníticos, en las proximidades del río Rumbero; y como límite meridional se han considerado los afloramientos arcillosos del Trías existentes al norte de la carretera nacional-IV (Madrid-Cádiz), que constituiría el límite abierto en profundidad si los niveles detríticos basales del Trías tienen continuidad hacia el sur bajo dichos afloramientos arcillosos.

Como otras características hidrológicas de este acuífero, habría que indicar el que la profundidad del agua en los sondeos que lo captan es variable entre 0 y 50 metros, existiendo algunos sondeos surgentes. El nivel piezométrico varía desde los sectores septentrionales (donde está próximo a los 360 metros) hasta los meridionales, en que se definen niveles cercanos a la cota 260 metros. Asimismo, y una vez que se llevó a cabo el trazado de isopiezas, se observa a grandes rasgos una circulación del agua con una componente principal norte-sur y componentes este-oeste.

La alimentación del acuífero tiene lugar por filtración directa del agua de lluvia y en parte por la escorrentía procedente de los materiales de borde. Las entradas por filtración directa se pueden valorar, en primera aproximación, en $3,5 \text{ Hm}^3/\text{año}$, sobre los 40 Km^2 de afloramientos permeables, admitiendo que se infiltre un máximo del 50% de la lluvia útil en el sector (calculada en unos 175 mm), ya que se trata de materiales de permeabilidad moderada en superficie y con pendientes relativamente altas. Por su parte, la infiltración de la escorrentía procedente de los materiales de borde impermeable debe ser en la

actualidad poco significativa, ya que los arroyos principales que atraviesan el acuífero constituyen áreas de drenaje al encontrarse el acuífero poco explotado.

Las salidas de agua del acuífero se realizan por extracción mediante bombeo y por drenaje de los cursos de agua que lo atraviesan en sus bordes oriental y occidental. Esta descarga superficial se puede cifrar, en principio, entre 0,5 y 1 Hm³/año, mientras que las extracciones por bombeo tienen lugar en algo más de 15 captaciones, en las que se han estimado el volúmen anual explotado a partir de los caudales en explotación y el número aproximado de horas de funcionamiento al año, estimándose un total anual de 1,77 Hm³. Así el conjunto de salidas de agua visibles estarían comprendidas entre 2,3 y 2,8 Hm³/año. En función de estas salidas y teniendo en cuenta las entradas estimadas, es lógico suponer unos recursos para esta unidad de unos 3 Hm³ al año.

Por último, indicar que los análisis efectuados con el fin de conocer la composición química de las aguas, han permitido obtener unos resultados que indican que estas aguas tienen una facies generalizada bicarbonatada cálcica, y que el contenido en nitratos es bastante bajo.

En resumen, de nuestro estudio sobre las aguas subterráneas se deduce, a pesar de no tener una cuantificación total de las mismas, en relación a las dos únicas áreas que se han investigado en nuestra zona, que:

- En el sector Andújar-Marmolejo, a pesar de sus escasos recursos, su explotación podría resolver satisfactoriamente problemas de abastecimiento urbano en función de la buena calidad del agua, aunque sería necesario abordar las obras con sondeos previos de reconocimiento hidrogeológico. La escasez de recursos podría resolverse, llegado el caso, en áreas concretas,

combinando la explotación con recargo artificial en los bordes del acuífero. De todas formas hoy día estas aguas empiezan a constituir un cierto capital hídrico empleado en la agricultura, pudiendo ser más aprovechable a corto plazo.

- En el sector del Rumblar los recursos aparecen ser importantes, habiéndose evaluado en algo más de 3 Hm³/año, explotándose más de la mitad actualmente por bombeo y en su mayor parte para riego. La calidad de este agua es apta para todos los usos. Así, las posibilidades de ampliación para explotación de las aguas de este sector en regadío, abastecimiento urbano o incluso para la industria, tienen posibilidad de ser un hecho.

Finalmente señalar que en las terrazas aluviales del Guadalquivir, a lo largo de todo el valle, desde Marmolejo hasta Mengíbar, se ha constatado la existencia de un sistema acuífero de excelentes características y que está en conexión con el río Guadalquivir, lo que le confiere un indudable interés para la captación de agua, que se ve materializado en la existencia de numerosos pozos de poca profundidad con unos caudales comprendidos entre 10 l. y más de 100 l/seg. La explotación que se hace hoy de este acuífero es importante para abastecimientos urbanos, moderada para riego y escasa para usos industriales; pero dicha explotación puede ser ampliable al existir recursos suficientes.

II.B.3. UTILIZACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES: EL REGADIO.

Fijada la distribución y cuantificación de los recursos hidráulicos disponibles en las siete subcuencas de la zona estudiada y que pertenecen a la cuenca del Guadalqui-

vir, vamos a analizar si este agua es suficiente para el riego (25).

De los datos recogidos en los estudios más recientes y que se han expuesto en el Cuadro II-VAH-18, resulta que los recursos hidráulicos totales de las subcuencas se fijan en la cifra de 942,5 Hm³ como aportación media anual. Cifra que, si bien es de máximo interés para la regulación interanual, tiene sus peligros por su gran variación de unos años a otros, pero que de todas formas nos es suficiente como punto de partida para los fines que perseguimos.

Como sabemos, todos estos recursos totales (942,5 Hm³) son evaluados por la Confederación a partir del coeficiente de esccorrentía y, sobre todo, de las precipitaciones que se producen en estas subcuencas. Por ello, y recogiendo nuevamente al cuadro anterior, vemos que la precipitación media para todas estas subcuencas es de 636 mm, que comparamos con la de "necesidades acuosas" expuestas en el apartado de climatología (Cuadro II-VAH-16): 1.043 mm, y que es la cantidad de agua mínima con que se debe adicionar a las plantas, ya que no la pueden obtener mediante la humedad que captan del suelo.

Resulta así que estableciendo la diferencia entre precipitaciones y necesidades acuosas, existe una falta de agua de 407 mm. Vemos pues que es necesario el riego para poder completar el ciclo vegetal de las plantas y obtener las cosechas idóneas, evitando la obtención de cosechas de escasa producción en el período de granazón, en el que además el excesivo calor exige una transpiración intensa (26).

(25) Sabemos bien que la procedencia del agua tiene un doble origen: superficial y subterráneo, sin embargo, y tal como ya se ha indicado, en este caso tan sólo estamos teniendo en cuenta la superficial, puesto que la procedente de acuíferos y que sirva para regadío en nuestra zona e igual que hemos visto en el apartado anterior, no se ha podido evaluar fehacientemente, habiendo expuesto tan sólo cifras estimativas de recursos.

(26) Sabemos que esta comparación puede discutirse, ya que como conscientes de las dificultades y errores que tales cálculos se inferirán, pero siempre serán más indicativos y probables que la oscuridad en que se sume la ausencia de los mismos.

Ahora bien, dado que disponemos de agua, al ser la aportación de los ríos importante, debemos de almacenarla para suplir con el regadío su falta en los períodos de estío, que es cuando, como ya comprobamos en el apartado climatológico y para todas las estaciones, más lo necesitan las plantas.

La evaluación de los regadíos, no sólo en nuestra zona sino incluso en Andalucía y España, resulta poco fiable, debido fundamentalmente a los distintos organismos que actúan sobre ellos, a la forma de recoger los datos, etc. Por ello, si las superficies de riego de áreas dominadas por grandes obras del Estado responden a cifras fiables, los aprovechamientos de agua por concesiones a particulares ya resultan de bastante menor crédito, o incluso no se dispone de ellas como es nuestro caso.

Teniendo en cuenta este hecho, y sabiendo que estamos tratando de regadíos, esto es, de las superficies que se benefician de las aguas suplementarias cuyo origen, en este caso, es a través de los ríos, hemos elaborado, con vistas al análisis de la utilización del regadío, el Cuadro II-VAH-20 en el que se recoge la situación actual de los embalses en las distintas subcuencas, señalando la capacidad de los mismos, el desembalse asegurado, la regulación que permite y el tipo de aprovechamiento.

A partir del mismo vemos que en el momento actual la regulación permite disponer de 449 Hm^3 para distintos usos a partir de la capacidad útil de los embalses existentes hoy día en explotación en el área de estudio, todos ellos localizados en la parte septentrional, es decir, en el margen derecho del Guadalquivir (ver Gráfico II-VAH-20: Mapa Subcuencas Hidrográficas). Sin embargo sólo se puede disponer, y por lo tanto aprovechar, realmente 171 Hm^3 que es el agua desembalsada.