

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA, SOCIOLOGÍA Y POLÍTICA AGRARIAS

TESIS DOCTORAL

**EFECTOS ECONÓMICOS DE LA
APLICACIÓN DE LA AGRICULTURA DE
PRECISIÓN EN UNA EXPLOTACIÓN DE
OLIVAR EN LA PROVINCIA DE JAÉN**

DOCTORANDO:

D. SEBASTIÁN ÁLAMO ROMERO

DIRECTORES:

Dr. D. JUAN ANTONIO CAÑAS MADUEÑO

Dr. D. FRANCISCO RAMÓN FEITO HIGUERUELA

Córdoba, 2003

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA, SOCIOLOGÍA Y POLÍTICA AGRARIAS

TESIS DOCTORAL

**EFFECTOS ECONÓMICOS DE LA
APLICACIÓN DE LA AGRICULTURA DE
PRECISIÓN EN UNA EXPLOTACIÓN DE
OLIVAR EN LA PROVINCIA DE JAÉN**

Vº Bº
Los Directores

El Doctorando

D. Juan A. Cañas Madueño D. Francisco R. Feito Higuera

D. Sebastián Álamo Romero

Córdoba, 2003

Dr. D. Juan Antonio Cañas Madueño, Doctor Ingeniero Agrónomo, Catedrático de la Universidad de Córdoba, del Departamento de Economía, Sociología y Política Agrarias y Dr. D. Francisco Ramón Feito Higuera, Doctor en Informática, Catedrático de la Universidad de Jaén, del Área de Lenguajes y Sistemas Informáticos

INFORMAN:

Que D. Sebastián Álamo Romero ha realizado bajo nuestra dirección el trabajo de Tesis Doctoral sobre el tema: **“Efectos económicos de la aplicación de la agricultura de precisión en una explotación de olivar en la provincia de Jaén”**, que ha finalizado con aprovechamiento, habiendo sido revisado y estando conformes con su presentación para obtener el grado de Doctor, siempre que así lo considere el tribunal que designe la Universidad de Córdoba.

Córdoba, 15 de julio de 2003

Fdo.: Dr. D. Juan Antonio Cañas Madueño Dr. D. Francisco R. Feito Higuera

Quiero expresar mi agradecimiento:

A Antonio Ramón Alcalá Jiménez y Úrsula. Gracias a su iniciativa comenzó este trabajo. Espero que Antonio lo vea con agrado desde el Cielo.

A Juan Antonio Cañas Madueño y Francisco R. Feito Higuera, directores de esta Tesis, por su valiosa participación y por estar siempre disponibles las muchas veces que los he necesitado.

A Antonio Titos Moreno, por los consejos y la ayuda prestada en los comienzos del trabajo de investigación.

A Carlos Enríquez Turiño, por su colaboración y enseñanza en todo lo relacionado con los equipos G.P.S.

A mis padres y a toda la familia, por su apoyo constante y el ejemplo que siempre me han dado.

A mis hijos, Paula, Sebastián e Inés, por su cariño. Ellos han sido la motivación para intentar mejorar cada día.

A mi mujer, Marta, por su amor y el tiempo que esta tesis le ha quitado. Sin su ánimo y consejos, este trabajo no hubiera podido finalizar.

A todos los que, de alguna forma han colaborado en la elaboración de esta tesis.

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS DEL G.P.S.

DGPS GPS en modo diferencial.

DOP (*Dilution of Precision*). Disminución de la precisión.

HDOP. DOP horizontal.

GDOP. Error geométrico, debido a la posición y al tiempo.

PDOP. Error de la posición en las tres dimensiones, sin considerar el tiempo.

VDOP. DOP vertical.

EE.UU. Estados Unidos de Norteamérica.

GPS (*Global Positioning System*). Sistema de Posicionamiento Global.

PPS (*Precise Positioning Service*). Sistema de Posicionamiento Preciso.

SA (*Selective Availability*). Disponibilidad selectiva.

SIG Sistema de Información Geográfico.

SPS (*Standard Positioning Service*). Sistema de posicionamiento normal.

UTC (*Coordinated Universal Time*). Tiempo Universal Coordinado.

WAAS (*Wide Area Augmentation System*). Sistema de Aumentación de Área Amplia.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	21
I INTRODUCCIÓN GENERAL	23
I.1. Introducción histórica	25
I.2. Distribución Geográfica del Olivo	26
I.3. El Aceite de Oliva	27
I.4. Sistema de elaboración del Aceite	28
I.5. Comercialización del Aceite de Oliva en Jaén: Acciones de promoción	30
I.6. OCM del Aceite de Oliva	32
I.6.1 Sistema de precios y régimen de Intervención	33
I.6.2 Régimen de Intercambios con terceros países	34
I.7. Situación actual del sector del aceite de oliva	34
I.8. Perspectivas del sector	35
I.8.1 Respecto del cultivo y de la transformación en aceite	35
I.8.2 Respecto a la OCM del Aceite de oliva	36
I.9. Objetivos y grado de innovación previsto	37
II. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL OLIVAR EN LA PROVINCIA DE JAÉN.	39
II.1 Importancia del cultivo del olivo en el mundo.	41
II.2 Importancia del cultivo del olivo en la Unión Europea.	42
II.3 Importancia del cultivo del olivo en España y en Andalucía.....	44
II.4 Importancia y caracterización del cultivo del olivo en Jaén.	46
II.4.1 Estructura de las explotaciones.	50
II.4.2 Factor trabajo.	53
II.4.3 Importancia económica.	54

III. LA EXPLOTACIÓN AGRARIA OLEÍCOLA: CARACTERÍSTICAS Y FACTORES INFLUYENTES EN SUS RENDIMIENTOS Y COSTES.	55
III.1.- Conceptos relacionados con los costes de cultivos.	57
III.1.1.- Factor de producción.	57
III.1.2.- Costes.	57
III.1.3.- Precio e ingreso.	58
III.1.4.- Margen	59
III.2.- Trabajos de costes de cultivo de olivar.	60
III.3. Factores que determinan los costes de cultivo directos.	63
III.3.1.- Mano de obra.	63
III.3.2.- Maquinaria.	64
III.3.3.- Materias primas.	65
III.3.4.- Otros costes directos.	65
III.4.- Técnicas de cultivo.	65
III.4.1.- Manejo del suelo.	65
III.4.2.- Poda.	66
III.4.3.- Tratamientos fitosanitarios.	67
III.4.4.- Fertilización.	68
III.4.5.- Riego.	69
III.4.6.- Recolección, transporte y molturación.	69

IV LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN: G.P.S. Y S.I.G.	73
IV.1. El Sistema de Posicionamiento Global.....	75
IV.1.1. Principios básicos del Sistema G.P.S.	76
IV.1.2. Forma de operar del sistema.....	78
IV.1.3. El sistema de referencia.....	80
IV.1.4. Descripción de la señal enviada por los satélites GPS	80
IV.1.5. Errores en la medición.....	82
IV.1.6. Precisión del Sistema G.P.S.	83
IV.1.7. Aplicaciones del Sistema G.P.S.	85
IV.2. Los Sistemas de Información Geográfica	89
IV.2.1. Historia	89
IV.2.2. Conceptos básicos	90
IV.2.3. Interpolación a partir de mapas de puntos e isolíneas	97
IV.2.4. Aplicaciones de la tecnología del SIG	99
IV.3. La Agricultura de Precisión	103
IV.3.1. Concepto de Agricultura de Precisión	103
IV.3.2. Inicio de la Agricultura de Precisión	104
IV.3.3. Revisión bibliográfica de la variabilidad espacial y temporal	105
IV.3.4. Adopción de la Agricultura de Precisión	108
IV.3.5. Beneficios económicos de la Agricultura de Precisión	112

MATERIAL Y MÉTODOS	117
V. ELECCIÓN, LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA FINCA	119
V.1 Elección de la explotación.	119
V.2 Localización de la explotación.	124
V.3 Características generales de la zona.	129
V.3.1 Climatología.	129
V.3.2 Fisiografía, Geología y Litología.	130
V.3.3 Edafología.	130
V.4 Descripción de la explotación.	131
VI. CACTERIZACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA EXPLOTACIÓN	139
VI.1 Caracterización técnica de la explotación	141
VI.1.1 Manejo del suelo	141
VI.1.2 Poda, limpia y desvareto	143
VI.1.3 Tratamientos fitosanitarios	145
VI.1.4 Fertilización	147
VI.1.5 Recolección, transporte y molturación	152
VI.2 Costes directos de la explotación	153
VI.2.1 Costes unitarios	153
VI.2.2 Coste del manejo del suelo	155
VI.2.3 Coste de la poda, limpia y desvareto	156
VI.2.4 Coste de los tratamientos fitosanitarios	157
VI.2.5 Coste de la fertilización	158
VI.2.6 Coste de la recolección.....	159
VI.2.7 Coste directo total y por hectárea	160
VI.3 Costes indirectos	163

VI.4 Ingresos	164
VI.4.1. Ingresos por venta del aceite de oliva	164
VI.4.2 Ingresos por subvenciones comunitarias al aceite de oliva	166
VI.4.3 Ingresos totales percibidos	168
VI.5 Margen neto de la explotación	168
VII. TOMA DE DATOS	169
VII.1 Equipos GPS y programas informáticos utilizados.....	171
VII.1.1 Cosecha de la campaña 1997/98	171
VII.1.2 Cosecha de la campaña 1998/99	171
VII.1.3 Análisis foliar del verano de 1999	172
VII.1.4 Cosecha de la campaña 1999/00	172
VII.1.5 Análisis foliar del verano de 2000	173
VII.1.6 Cosecha de la campaña 2000/01	173
VII.1.7 Cosecha de la campaña 2001/02	173
VII.1.8 Modelo Digital del Terreno	174
VII.2 Toma de datos de cosecha	174
VII.2.1 Campaña 1997/98	176
VII.2.2 Campaña 1998/99	176
VII.2.3 Campaña 1999/00	177
VII.2.4 Campaña 2000/01	177
VII.2.5 Campaña 2001/02	178
VII.3 Toma de muestras para los análisis foliares	179
VII.4 Modelo Digital del Terreno	182

RESULTADOS	187
VIII. MODELO DIGITAL DEL TERRENO.....	189
IX. MAPAS DE COSECHA.....	205
IX.1 Mapa de cosecha de la campaña 1997/98.....	208
IX.2 Mapa de cosecha de la campaña 1998/99.....	208
IX.3 Mapa de cosecha de la campaña 1999/00.....	209
IX.4 Mapa de cosecha de la campaña 2000/01.....	209
IX.5 Mapa de cosecha de la campaña 2001/02.....	209
X. MAPAS DE CONTENIDO DE NUTRIENTES.....	221
X.1 Análisis foliar de 1999.....	224
X.1.1 Mapa de contenido de Nitrógeno en 1999.....	224
X.1.2 Contenido de Fósforo en 1999.....	224
X.1.3 Mapa de contenido de Potasio en 1999.....	225
X.1.4 Mapa de contenido de Boro en 1999.....	225
X.2 Análisis foliar de 2000.....	226
X.2.1 Mapa de contenido de Nitrógeno en 2000.....	226
X.2.2 Mapa de contenido de Fósforo en 2000.....	226
X.2.3 Mapa de contenido de Potasio en 2000.....	227
X.2.4 Mapa de contenido de Boro en 2000.....	227

XI INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS A NIVEL DE EXPLOTACIÓN.....	255
XI.1 Datos integrados en el SIG	258
XI.2 Producción de aceituna en el período considerado.....	261
XI.3 Producción de aceite y margen neto de la explotación.....	267
XI.3.1 Curva de costes directos excluyendo la recolección.....	268
XI.3.2 Curva de costes directos de la recolección	269
XI.3.3 Margen neto a partir de las curvas de costes	271
XI.4 Combinación de distintas variables	275
XI.4.1 Relación entre la menor cosecha, la mayor cota y la deficiencia de nitrógeno	275
XI.4.2 Relación entre la mayor cosecha, menor cota y pendiente suave.....	276
XI.4.3 Zonas de la explotación donde se puede reducir la aplicación de fertilizantes	276
XI.5 Valoración económica de los resultados obtenidos.....	291
CONCLUSIONES Y PRINCIPALES APORTACIONES	297
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	301

ANEXOS

ANEXO 1: DATOS METEOROLÓGICOS	323
1.1 Año 1996	325
1.2 Año 1997	337
1.3 Año 1998	349
1.4 Año 1999	361
1.5 Año 2000	373
1.6 Año 2001	385
1.7 Año 2002	397
ANEXO 2: DATOS DE COSECHA	409
1. CAMPAÑA 1997/98.	411
2. CAMPAÑA 1998/99.	414
3. CAMPAÑA 1999/00.	417
4. CAMPAÑA 2000/01.	418
5. CAMPAÑA 2001/02.	419
ANEXO 3: ANÁLISIS FOLIAR	421
1. JULIO 1999.	424
2. JULIO 2000.	425

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN GENERAL

I.- INTRODUCCIÓN GENERAL

I.1.- Introducción histórica.

Una leyenda cuenta que Adán, cuando se aproximaba el momento de su muerte, evocó la palabra del Señor, que le había prometido el “aceite de la misericordia” para redención suya y de toda la Humanidad. Envío a su hijo Set a la montaña donde el Paraíso Terrenal había quedado bajo la protección de un Querubín para que le suplicara. El ángel le dio tres semillas del árbol del Bien y del Mal y dijo a Set que la pusiera en la boca de Adán difunto. Colocadas así, cuando Adán fue enterrado en el Monte Tabor, las tres semillas germinaron dando raíces y después tres tallos que formaron un olivo, un cedro y un ciprés, los tres árboles mediterráneos.

El origen del olivo silvestre se sitúa en el Asia Menor, en una zona comprendida entre el sur del Cáucaso hasta la altiplanicie del Irán y la costa mediterránea de Siria y Palestina. El cultivo del olivo alcanzó un notable desarrollo en estas dos últimas regiones, para expandirse por la isla de Chipre hacia Anatolia, o por la isla de Creta hacia Egipto.

A partir del siglo XVI a.C. los fenicios difunden el olivo por las islas griegas y posteriormente por la Península Helénica. Desde el siglo VI a.C. se propagó por toda la cuenca del Mediterráneo pasando a Trípoli, a Túnez, a la isla de Sicilia, y desde aquí a la Italia Meridional, extendiéndose de Sur a Norte. Los romanos prosiguen la expansión del olivo por los países costeros del Mediterráneo, como arma pacífica en sus conquistas para el asentamiento de poblaciones. En Marsella fue introducido unos 600 años a.C. y desde allí a toda la Galia. (C.O.I., 1990).

El olivo, que se había introducido en España a través de las colonias fenicias (1050 a.C.), no alcanzó notable desarrollo hasta la dominación de Roma (45 a.C.). Después de la tercera guerra púnica, el olivar ocupaba una importante extensión en la Bética y se expandió hacia el centro y el litoral mediterráneo de la Península Ibérica. Los árabes introdujeron sus variedades en el sur de España e influyeron en la difusión

del cultivo hasta el punto de que los vocablos castellanos de aceituna, aceite o acebuche tienen raíz árabe. (C.O.I., 1990).

El cultivo del olivo saltó fuera de la cuenca mediterránea con el descubrimiento de América en el año 1492. En 1560 había olivares en producción en México, después en Perú, California, Chile o Argentina, donde todavía hoy vive una de las plantas llevadas en la conquista, el viejo olivo de Arauco.

En tiempos más modernos el olivo ha continuado su expansión, cultivándose en lugares tan alejados de su cuna mediterránea como son Sudáfrica, Australia, Japón y China.

I.2.- Distribución geográfica del olivo.

El olivo cultivado es propio del clima templado-cálido característico de la Cuenca del Mediterráneo, de la que es especie autóctona y en la que está prioritariamente asentada en la actualidad. En el Hemisferio Norte, la zona por la que se disemina, está definida entre las latitudes de 30° y 45°, y aunque fuera de ella el olivo vegeta, la fructificación se malogra por exceso o falta de temperatura en la estación fría. En el Hemisferio Austral, la mayor parte de las zonas cultivadas corresponden a latitudes similares. (C.O.I., 1990).

Para una buena fructificación, tiene necesidad de estar expuesto durante el invierno a temperaturas próximas a cero grados que induzcan el reposo vegetativo. Puede admitir unas temperaturas inferiores de hasta 10° bajo cero.

En el área geográfica donde se desarrolla se aprecia una relación inversa entre la latitud y altitud. En España hay olivares a 250 m. en La Rioja, 700 m. en Castilla - La Mancha, a 1.200 m. en Jaén y Granada. En Marruecos el olivo alcanza en el Atlas los 1.600-1.700 m. de altitud y en Argentina llega a los 2.000 m. (C.O.I., 1990).

La pluviometría de la región donde se expande el cultivo se caracteriza por la escasez de lluvia en muchos puntos, por la irregularidad de la distribución en numerosos

años y, sobre todo, por la casi ausencia de precipitaciones en el verano, con la excepción de lluvias tormentosas, poco aprovechables para el cultivo y que producen una fuerte escorrentía.

Muchos de los olivares existentes están implantados en zonas de escasa calidad intrínseca, poco válidos para otros cultivos, situados en laderas donde la erosión ha eliminado la parte más fértil del suelo, o en zonas de baja pluviometría. La rusticidad del olivo le permite desarrollarse en estas condiciones ahora bien, cuando es tratado como cualquier otro cultivo frutal las producciones aumentan en cantidad y calidad.

Aun en las condiciones más desfavorables en las que es difícil mejorar sus características productivas, no se debe olvidar el importante papel que desempeña el olivo en estos casos en que muy pocas plantas podrían vegetar, proteger los suelos y mantener un equilibrio en la fauna de la región. Nunca será suficientemente reconocido el valor ecológico del olivar cuando su manejo es adecuado.

I.3.- El aceite de oliva.

El aceite de oliva está formado en su mayor parte (98,5% a 99,5%) por la llamada fracción saponificable, que la constituyen los triglicéridos –ésteres de la glicerina con ácidos grasos- y los ácidos grasos libres. Predominan los relacionados con ácidos grasos formados por 18 átomos de carbono, y pueden estar unidos entre sí por enlaces simples –es lo que se llaman ácidos grasos saturados-, pueden estar unidos por enlaces simples y uno doble –son los ácidos grasos monoinsaturados-, y también los hay con varios enlaces dobles y se denominan poliinsaturados. De la proporción en que entran los ácidos grasos en los aceites vegetales, depende mucho su comportamiento y características. En el aceite de oliva domina el ácido oleico, que es monoinsaturado, (C.O.I., 1990).

La otra fracción del aceite de oliva es la insaponificable, supone una parte muy pequeña pero que reviste gran importancia desde el punto de vista biológico. El contenido en clorofila, que comunica el color verde, y el de los carotenos, que determina la pigmentación rojiza, dan lugar al color resultante de cada aceite. Los

componentes volátiles influyen en el olor y el sabor. Los polifenoles son causa, en parte del sabor, pero por su naturaleza antioxidante determinan de una manera decisiva la estabilidad del aceite, es decir, su conservación y su resistencia a los fenómenos degenerativos. Los tocoferoles están presentes, dominando la vitamina E (alfa-tocoferol), que también disfruta de las características antioxidantes. Entre los esteroides destaca el sitosterol; el aceite de oliva no tiene colesterol. (C.O.I., 1990).

Hoy en día, gracias a investigadores como Grande Covián, conocemos los efectos beneficiosos que tiene el consumo de aceite de oliva en la salud humana. En estos momentos no parece que haya duda ninguna acerca de la relación entre los niveles de colesterol y la posibilidad de padecer un infarto coronario. Tanto es así, que todas las medidas encaminadas a prevenir la enfermedad se basan fundamentalmente en el descenso del nivel de colesterol por métodos dietéticos. (Grande Covián, 1992)

I.4.- Sistema de elaboración del aceite

Las diferentes fases del proceso de elaboración del aceite de oliva son:



(Tomado de Hermoso Fernández et al., 1991).

La aceituna producida en el olivar giennense se destina mayoritariamente a la obtención de aceite. Éste es extraído en almazaras, las cuales siguen en su mayoría el sistema de extracción continuo de dos fases para la obtención de aceite de oliva virgen.

La elaboración de aceite de oliva virgen apenas tuvo variación hasta comienzos de los años setenta, realizándose por el sistema tradicional de prensas y capachos.

A partir de entonces se introduce el sistema continuo de tres fases, basado en la centrifugación de pastas mediante la sustitución de las prensas por una centrífuga horizontal o decánter. Este nuevo sistema presenta las ventajas básicas de una mayor simplicidad mecánica, elaboración continua y menor necesidad de personal.

A principios de los años 90, se introduce un nuevo sistema de centrifugación de dos fases, basado en una pequeña modificación en el decánter, originando un subproducto: el Alperujo, que sustituye al alpechín y al orujo del sistema de extracción de tres fases. Este nuevo sistema permite un menor consumo de agua y de energía.

Se está produciendo una rápida adopción del Sistema de Centrifugación de dos fases. Así en la Tabla adjunta podemos observar la evolución de la capacidad de molturación de ambos sistemas de centrifugación en España, desde la campaña 1996/97 a la 2000/01.

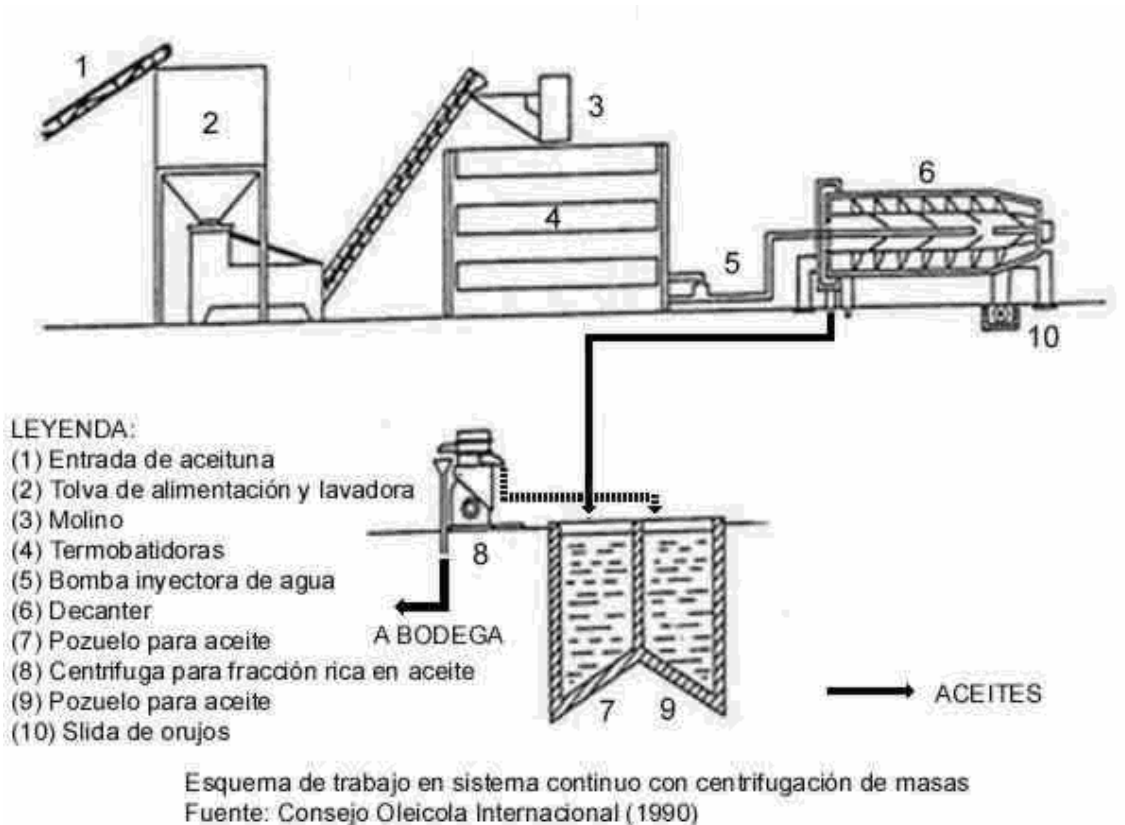
Tabla I.1: EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CENTRIFUGACIÓN EN ESPAÑA.

Campaña	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01
Total	114,5	137,3	154,2	174,4	187,1
Tres Fases	35,7	29,3	22,5	32,3	31,4
Dos Fases	78,8	108,0	131,7	142,1	155,7

Fuente: Uceda Ojeda, et al. (2001)

Los datos expresan la capacidad de molturación, en miles de Tm / día.

Como vemos, en la campaña 2000/01, el 83,2 % de la capacidad de molturación correspondía a sistemas de extracción de dos fases, y esta proporción está aumentando.



I.5.- Comercialización del aceite de oliva en Jaén. Acciones de promoción.

La comercialización del aceite de oliva, de forma general en España y de forma particular en la provincia de Jaén, es llevada a cabo principalmente por agentes de comercialización distintos de los productores, con la consecuente pérdida del valor añadido que genera el acercamiento del producto al consumidor.

A modo de ejemplo, las $\frac{3}{4}$ partes del aceite de oliva vendido por las cooperativas jaennenses tiene por destino las industrias del envasado y/o refinado. Además más del 90% de estas ventas de aceite se realizan a granel y sólo el 1,33% de las ventas de aceites tienen por destino el sector de distribución (Torres Ruiz, et al., 1995).

No obstante, en los últimos años, las cooperativas de producción de aceite de oliva se están asociando en cooperativas de segundo grado y comercializando el aceite bajo su propia marca, buscando como objetivo el aumento de la calidad de las producciones y colocando el producto en mercados extranjeros.

La provincia de Jaén depende económicamente de la producción oleícola. Jaén se convierte en sede de importantes iniciativas que persiguen la promoción de la olivicultura y de la oleicultura. Entre ellas destaca la Fundación para la Promoción y el Desarrollo del Olivar y del Aceite de Oliva.

Dicha fundación, es una entidad sin ánimo de lucro constituida en 1990 e integrada por entidades públicas (Junta de Andalucía, Diputación de Jaén, ayuntamientos de la provincia de Jaén, Cámara de Comercio de Jaén, Patrimonio Comunal Olivarero) y privadas (organizaciones de productores de aceite de oliva y Cajas de Ahorro andaluzas). Entre sus objetivos está la promoción e investigación sobre el olivar y el aceite de oliva.

Entre sus actividades están:

- Promoción de la Feria Internacional del Aceite de Oliva e Industrias Afines, más conocida como EXPOLIVA, de carácter bienal.
- Edición de libros sobre el olivar y el aceite de oliva.
- Establecimiento de un Sistema de Información de Precios en Origen del aceite de oliva, Pool.
- Desarrolla Campañas de Promoción del aceite de Oliva Virgen.
- Colabora en Proyectos de Investigación sobre el Cultivo del Olivar, la Industria y la Economía Oleícola; así como en otros relativos a la nutrición, la salud y el aceite de oliva.
- Organiza el Simposium Internacional del Aceite de Oliva.

- Colabora en el desarrollo de plataformas de comercio electrónico para el sector productor.
- Catas de aceites vírgenes y conferencias.
- Jornadas de divulgación dirigidas a docentes y escolares.
- Creación y mantenimiento de bases de datos del sector oleícola, del olivar, del aceite de oliva y de las industrias afines.
- Convoca becas de investigación para posgraduados, así como de prácticas en almazaras para estudiantes universitarios.
- Colabora en campañas de marketing, patrocinio de eventos y promoción del aceite de oliva virgen en jornadas gastronómicas.

I.6.- OCM del Aceite de Oliva.

La OCM de Aceites y Grasas vegetales viene regulada por el R(CE) 136/66 del Consejo (en adelante el reglamento), cuya última modificación, el R(CE) 1638/98 establece un período transitorio de 3 años hasta la campaña 2000/01, período que ha sido prorrogado hasta finales del 2004 por el R(CE) 1513/01.

La OCM contempla la regulación de la comercialización, persiguiendo los objetivos de la Política Agraria Comunitaria (PAC), para las semillas y frutos oleaginosos, así como para las materias grasas de origen vegetal o extraídas del pescado o de mamíferos marinos.

La regulación de la comercialización del aceite de oliva viene establecida en el Título II del reglamento. En éste se establecen los siguientes contenidos:

I.6.1. Sistema de Precios y Régimen de Intervención.

En el cual quedan establecidos:

Un **Precio Indicativo** para el aceite de oliva, un **Régimen de Almacenamiento Privado** que entra en vigor en caso de grandes perturbaciones del mercado en determinadas regiones, un **Régimen de Ayudas a la Producción** y otras ayudas como la **financiación de actividades informativas y promoción** del consumo de aceite de oliva y aceituna de mesa comunitarios en otros Estados Miembros (EEMM) o 3º países y **Restituciones a la Producción** para aceite de oliva utilizado en conservas de pescado (excepto crustáceos y moluscos) y de las hortalizas.

El aspecto más importante de esta OCM es la **Ayuda a la Producción**, fijada en 132,25 euros/ 100 Kg (hasta 2003/04). Esta ayuda se aplica a una Cantidad Máxima Garantizada (CMG) de aceite de oliva de 1.777.261 Tm por campaña. De esta CMG le corresponde a España una Cantidad Nacional Garantizada (CNG) de 760.027 Tm. Los estados miembros pueden asignar parte de esta CNG a la producción de aceituna de mesa, y parte de la ayuda al aceite (España ha optado por esta posibilidad). Si en una campaña la producción excede a su CNG, se disminuye proporcionalmente la ayuda percibida. Si, por el contrario la producción es menor que la CNG, existe la posibilidad de incrementar la CNG de ese EM en la campaña siguiente y de incrementar para esa campaña la CNG del resto de EEMM que hayan sobrepasado su CNG.

El 1,4% de la ayuda a la producción de aceite de oliva y aceituna de mesa se destinan a la financiación de medidas a escala regional para mejorar la calidad de la producción oleícola y sus repercusiones en el medio ambiente.

Esta OCM también regula la formación de Organizaciones de Productores Reconocidas (OO.PP.RR.) y de sus uniones, para el cobro de las ayudas a la producción del aceite de oliva. Dichas OO.PP.RR. reciben el 0,8% de la ayuda a la producción de sus miembros.

I.6.2. Régimen de intercambios con terceros países.

Las importaciones y exportaciones comunitarias de aceite de oliva están sometidas a presentar un certificado de importación o exportación, cuya expedición está supeditada al pago de una fianza que establezca la obligación de importar o exportar en un período.

Salvo que se disponga lo contrario, se aplicarán los derechos del Arancel Aduanero Común a las importaciones de aceite de oliva. No obstante, si el precio de mercado del aceite de oliva en la Comunidad se sitúa por encima de un determinado nivel, la Comisión podrá tomar medidas sobre dichas importaciones. Así mismo se puede establecer un derecho de importación adicional si se cumplen las condiciones derivadas de las negociaciones comerciales de la Ronda Uruguay del GATT.

Para permitir la exportación de aceite de oliva se pueden aplicar restituciones a la exportación. Se aplicará la misma restitución a toda la comunidad que podrá variar en función del destino según circunstancias del mercado mundial.

En caso de perturbaciones graves del mercado se contempla la posibilidad de establecer medidas adecuadas al intercambio con terceros países.

I.7. Situación actual del sector del aceite de oliva.

En España el sector oleícola está muy atomizado. De hecho según la Agencia para el Aceite de Oliva (1999), las almazaras autorizadas para participar en el régimen de ayuda a la producción de aceite de oliva, en la campaña 1997/98 en España ascendieron a 1.684, de las que 812 (el 48,22%) se ubican en Andalucía. Las almazaras

de carácter asociativo representan en torno al 50% del total y poseen una capacidad teórica de molturación del 60% del sector (Torres Ruiz, et al., 2000).

Las campañas de promoción del aceite de oliva han propiciado un aumento del consumo.

En las últimas campañas España ha superado sus CNG, con lo cual la ayuda ha sufrido penalizaciones. Hay protestas por parte de diversas Organizaciones Profesionales Agrarias (OO.PP.AA.) por la CNG, calculada sobre la base de años anormalmente secos.

Tal y como remarca la Propuesta de Reforma Intermedia de la PAC (julio 2002), es necesario justificar ante el resto de la sociedad el apoyo con que cuenta el sector agrario en general, valorizando la seguridad y la calidad de las producciones, respeto al medio ambiente, generación de empleo estable,

En otro orden de cosas, el sistema tradicional de manejo del suelo comporta con carácter general un riesgo de erosión que afecta a la sostenibilidad del olivar (Rallo, L., 1995).

I. 8. Perspectivas del sector

I. 8.1. Respecto del cultivo y de la transformación en aceite.

El sector oleícola, como cualquier otra empresa, debe tener como objetivo principal conseguir el máximo beneficio, que por unidad de producto, depende de tres factores fundamentales (Hermoso Fernández, et al., 1991):

- Cantidad de aceite producido, factor relacionado con el rendimiento graso de la aceituna y el grado de agotamiento de los subproductos.

- Precio percibido por el aceite que, a igualdad de circunstancias, está en función de la calidad del mismo.
- Gastos de obtención de aceite.

Dado que no son subvencionables las nuevas plantaciones (salvo que se haya procedido a un arranque del mismo número de olivos por el mismo propietario), no cabe esperar que haya un acusado incremento de la superficie.

Es necesario avanzar en las técnicas de eliminación de residuos, como el orujo y el alperujo, por los problemas medioambientales que generan (peligro de contaminación de cauces en caso de rotura de las balsas, malos olores, etc.).

Cada vez se demandan más los productos de calidad. Esta calidad se refleja en el mayor precio que están dispuestos a pagar los consumidores. El futuro del aceite de oliva, frente a otros aceites vegetales y grasas de origen animal, depende del aumento de calidad de las producciones.

I. 8.2. Respecto a la O.C.M. del Aceite de Oliva.

La ayuda a la producción del aceite de oliva juega un papel fundamental en la rentabilidad del olivar andaluz. Según el estudio del margen neto, con datos de la campaña 1998/99, el 61,5% de la superficie de cultivo sería insostenible sin esta ayuda (CAP, 2003).

Otros aspectos que determinarán el futuro del sector son:

- Liberalización de los mercados internacionales derivados de las negociaciones tomadas en el seno del GATT.
- El establecimiento de una zona de libre comercio euromediterráneo en 2010.
- Nuevas plantaciones de olivar en América, África y Australia.

Todo esto hace necesario seguir trabajando en la competitividad de este sector.

Actualmente está pendiente la reforma de la OCM. La propuesta de fijar la ayuda por árbol ha provocado un incremento de la superficie de olivar. El último estudio, encargado a una consultora independiente (ADE, 2002), ha propuesto:

- Pasar la actual ayuda a la producción que es función de la cantidad realmente producida a una ayuda por hectárea. Según el estudio esto se haría para que únicamente el precio de mercado orientara las decisiones de producción de los olivareros.

- La ayuda por hectárea sería igual para todos los productores de todas las regiones productoras, de forma que, en términos porcentuales la ayuda será proporcionalmente mayor en zonas con menores rendimientos. La ayuda será también independiente de la calidad del aceite producido.

- Esta ayuda estaría ligada a una serie de prácticas agrarias de carácter medioambiental y podría estar afectada por la modulación.

I.9.- Objetivos y grado de innovación previsto.

Después de esta amplia introducción en la que se describe la situación del sector del aceite de oliva vamos a exponer los objetivos que se plantean con esta investigación.

El objetivo general que se pretende alcanzar es el plantear una metodología que, integrando los Sistemas de Información Geográfica y los Sistemas de Posicionamiento Global, permita llevar a cabo una Agricultura de Precisión, de tal forma que produzca un ahorro en los costes de explotación del sector del aceite de oliva.

Para la consecución del objetivo general, se pretenden cubrir los siguientes objetivos parciales:

- Cuantificar la variabilidad de las cosechas y del contenido en elementos nutrientes dentro de la explotación, referenciando los datos respecto a unas coordenadas, mediante G.P.S., e integrando toda la información en un Sistema de Información Geográfico.
- Determinación de las zonas homogéneas que componen la explotación.
- Estudio del efecto económico que supone el cambio en el manejo de las prácticas agrícolas, valorando tanto la mejora en la rentabilidad de la explotación, como el beneficio ambiental que se espera conseguir.
- Para analizar el resultado económico de la aplicación de la agricultura de precisión se obtendrá la cuenta de explotación con las dos alternativas de cultivo (tradicional y precisión), observando las posibles diferencias favorables, traducidas en beneficios económicos.

Para la realización de esta investigación se establecen las hipótesis siguientes:

H1: La aplicación generalizada de nutrientes en una finca no supone un aprovechamiento eficiente de los mismos.

H2: La distribución de necesidades de elementos nutritivos en una determinada zona de cultivo no es uniforme.

H3: Los análisis de disponibilidad de nutrientes en una finca pueden favorecer, desde el punto de vista económico, la aplicación de la Agricultura de Precisión

CAPÍTULO II
IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL
OLIVAR EN LA PROVINCIA DE JAÉN

CAPÍTULO II:

IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL OLIVAR EN LA PROVINCIA DE JAÉN

II.1.- Importancia del cultivo del olivo en el mundo.

Superficie y distribución:

El cultivo del olivo se distribuye principalmente por la Cuenca Mediterránea, en la cual encontramos el 95% de la superficie de olivar mundial que asciende, en la actualidad, a 7,5 millones de hectáreas (Rizzo Escalante, et al, 2002).

Producción:

Las principales producciones del olivar son en primer lugar el aceite de oliva y, a gran distancia, la aceituna de mesa.

Según el Consejo Oleícola Internacional, la producción mundial de aceite de oliva media para el decenio 1990-2000 ascendió a 2.071,4 miles de toneladas, siendo la Unión Europea la principal productora, con más del 75% de la producción mundial (COI, 2002).

Evolución de la superficie de cultivo:

En las últimas campañas se observa un aumento de la producción mundial respecto a la media de la década, causada principalmente por el incremento de las producciones de la Unión Europea y de Túnez.

Se están haciendo nuevas plantaciones en Sudáfrica, Australia, Japón y China (COI, 1990).

Consumo:

Los principales países consumidores son los principales países productores. Así, los países de la cuenca mediterránea representan el 77% del consumo mundial, siguiéndoles en importancia en cuanto al consumo de aceite de oliva: EEUU, Canadá, Australia y Japón.

En la última década también se ha producido un incremento en el consumo mundial de aceite de oliva, incremento originado principalmente en la UE y en países no productores como Australia, Brasil, Canadá y Japón. En casi todos los países productores se registran, en los últimos años, niveles de consumo de aceite de oliva superiores a los de los años 90; posiblemente debido a la preocupación de los ciudadanos por la salud, y la difusión de las bondades de la dieta mediterránea.

Intercambios comerciales:

Los intercambios mundiales de aceite de oliva son cada vez más intensos. La UE es el principal exportador seguido de Túnez y de Turquía, siendo España la responsable de más del 36% del volumen de las exportaciones mundiales.

A la vez es la Unión Europea el principal importador de aceite de oliva, seguido de Estados Unidos. Desde una perspectiva nacional son los Estados Unidos los principales importadores de este producto, siendo Italia el que ocuparía el segundo lugar en cuanto a importaciones. Es decir, la mayoría de los flujos comerciales de aceite de oliva son entre países europeos, pero existen flujos hacia países con fuerte poder de compra como EE.UU., Australia, Japón y Canadá.

II.2. Importancia del cultivo del olivo en la Unión Europea:

La UE es la principal productora de aceituna y de aceite. La producción media de aceite en la década 1990-2000 fue de 1.560.000 Tm, siendo los principales productores España, Italia y Grecia (Rizzo Escalante, et al., 2002).

La media de consumo de la UE, en el mismo periodo, se sitúa en torno a 1.500.000 Tm, inferior, por tanto a la media de producción comunitaria. Los mayores consumos se registran en los países mediterráneos, siendo muy bajo el consumo en países del centro y norte de Europa.

En su conjunto la UE es exportadora de aceite de oliva, siendo España e Italia los países con un comercio exterior más intenso. España es netamente exportadora e Italia netamente importadora.

El principal productor de aceite comunitario es España que es el responsable del 43% de la producción total de la UE .

Italia y Grecia presentan, con respecto a España un número muy superior de olivicultores. Así en Grecia e Italia presentan un 28 y un 21% de agricultores respectivamente, que son considerados pequeños oleicultores (producen menos de 500 Kg de aceite, mientras que en España estos olivicultores tan sólo representan el 6% de los productores totales (Rizzo Escalante, et al., 2002).

Italia es el Estado que cuenta con un mayor número de Asociaciones y Organizaciones de Productores.

Muestra de la importancia económica de este sector en la UE lo refleja el hecho de que el aceite de oliva aporta el 2,1 % de la Producción Final Agraria (PFA) de la UE. Por otra parte, las Ayudas a la Producción del aceite de oliva representan en torno al 5,5% del FEOGA-G.

El sector del aceite de oliva desempeña también una importante labor social en ciertas regiones en las que este cultivo está muy adaptado a las condiciones agroclimáticas y donde concurren situaciones como el éxodo rural, desempleo, bajos niveles de renta, desertización, entre las que se encuentran ciertas zonas rurales de Andalucía.

II.3. Importancia del cultivo del olivo en España y en Andalucía.

España cuenta con una superficie de olivar que supera las 2.400.000 Ha, convirtiéndose en el principal productor mundial de aceite de oliva. En el período 1990-2000, obtuvo una producción media que superó las 670.000 Tm de aceite, según datos del Consejo Oleícola Internacional (COI), citados por D. Rizzo Escalante (2002), lo cual supone el 43% de la producción de la UE y el 32% de la producción mundial media para ese período.

Según datos de la Agencia para el Aceite de Oliva del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2003) la superficie de olivar de España es de 2.423.841 has, y existen 307.758.000 olivos, cuyo reparto por regiones es el siguiente:

Región	Superficie	Olivos
Andalucía	1.480.162 ha	185.653.000
Extremadura	267.284 ha	36.676.000
Centro	332.463 ha	36.700.000
Ebro	178.803 ha	21.879.000
Levante	165.129 ha	26.850.000

Son muchas las variedades que se cultivan en el olivar español, pero podríamos citar entre las más representativas las siguientes: picual, hojiblanca, cornicabra, lechín, manzanilla, verdial de Badajoz, empeltre y arbequina.

En los últimos años se está produciendo un aumento de la superficie y un incremento también de las producciones debido a la entrada en producción de las nuevas plantaciones y al aumento de productividad experimentado como consecuencia de las nuevas técnicas de cultivo (puesta en riego y mejora de las prácticas de cultivo, etc.). Así, según el MAPA, en el año 2.000 la superficie era de 2.300.000 ha y la producción de aceite de 1.117.700 Tm.

El consumo de aceite de oliva representa el 60% del total de aceite consumido, según el informe del MAPA de 1998 “La alimentación en España”.

La balanza comercial de aceite de oliva en España es positiva. Nuestra producción supera al consumo, realizando importantes exportaciones que se destinan principalmente a la UE. En el año 2000, las exportaciones de aceite de oliva españolas se dirigieron de forma importante hacia Italia y, en su mayoría, la venta se realiza con aceite de oliva a granel.

Estos datos reflejan el interés estratégico de este sector en España.

Merece la pena destacar la importancia que este sector desempeña en Andalucía: el cultivo del olivo ocupa 1,4 millones de hectáreas, el 29% de la Superficie Agraria Útil (SAU); y es responsable del 80% de la producción española y cerca del 40% de la comunitaria. Las ayudas a la producción del aceite de oliva rondan el 50% de las Ayudas del FEOGA-G para Andalucía.

El 94,3% de la producción de aceituna se destina a la producción de aceite de oliva, siendo la producción media anual de aceite en Andalucía de 801.378 toneladas en el periodo de 1996 a 2001. Esta producción se concentra fundamentalmente en las provincias de Jaén y Córdoba. La producción media de aceituna de mesa en el mismo periodo ascendió a 223.650 toneladas, localizándose principalmente en la provincia de Sevilla. (CAP, 2003).

Se trata además de un sector estratégico en la producción de empleo y riqueza: representa el 30% del empleo agrario y ocupa el segundo lugar, después del sector de Frutas y Hortalizas en la generación de la Producción Final Agraria (PFA) de Andalucía.

En la Tabla II.1 podemos ver la evolución de la producción de aceite de oliva desde la campaña 1997/98 a la campaña 2001/02.

Tabla II.1 PRODUCCIÓN DE ACEITE DE OLIVA, EN TONELADAS.

<i>Campaña</i>	<i>España</i>	<i>Andalucía</i>	<i>Jaén</i>
1997/1998	1.100.069,83	880.601,79	431.468,77
1998/1999	794.655,20	673.487,98	372.331,53
1999/2000	669.058,31	479.027,86	220.976,82
2000/2001	974.649,04	854.998,36	465.261,69
2001/2002	1.413.444,46	1.170.008,50	613.362,46

(Fuente: MAPA, AAO, 2002: Producciones y existencias de aceite de oliva, campañas 1997/98 a 2001/02).

II.4. Importancia y caracterización del cultivo del olivo en Jaén

Jaén cuenta con unas 571.772 Ha de olivar (INE, 1999), aglutinando el 40% de la superficie de olivar de Andalucía. Dicha superficie ha aumentado tanto en Jaén como en Andalucía en los últimos años, incrementándose en 100.000 Ha en Andalucía durante el período de 1991 a 1999 (IEA, 2001).

El olivo, además, es el cultivo más característico de la provincia de Jaén, el cual supone el 79% de las tierras de cultivo (IEA, 2001).

Son varios los factores que han conducido a esta situación: un medio físico favorable para el cultivo, la utilización mayoritaria de una variedad (la Picual) muy productiva y de elevado rendimiento graso, así como un sistema de cultivo, fruto de la larga experiencia de los olivareros en esta zona de España.

Dentro de la provincia, el olivar tiene claro predominio en la Comarca de la Campiña Sur, seguida de la Campiña Norte y La Loma.

Por lo que respecta a los términos municipales, los que mayor superficie dedican al olivar son: los municipios de Martos, Jaén y Alcaudete en la campiña Sur; en la comarca de la Loma destaca Úbeda; en la comarca de Sierra de Segura destaca el

municipio de Beas de Segura; Arjona y Porcuna en la comarca de la Campiña Norte y Alcalá la Real en la Sierra Sur.

Las mayores producciones se alcanzan en las Comarcas de Campiña Sur, la Campiña Norte, La Loma y Sierra de Cazorla, mientras que las comarcas agrarias de Sierra de Segura, El Condado y Sierra Sur presentan un olivar menos productivo.

La producción del olivar jiennense va en su mayoría destinada a la producción de aceite, siendo la variedad predominante para este fin la Picual. Se trata de una excelente variedad de aceite, de precoz entrada en producción, alta productividad, elevado rendimiento graso y que se adapta a medios diversos. Su aceite, aunque muy apreciado en su área de producción, no alcanza la misma cotización que el procedente de otras variedades.

Las variedades para recolectar en verde, y ser utilizadas como aceituna de mesa, no suelen ocupar grandes extensiones. Normalmente se trata de árboles más o menos aislados, cuya producción se dedica al autoconsumo, situados junto con plantaciones de variedad de almazara. Las principales variedades utilizadas para este fin son la Cornicabra, La Manzanilla de Jaén y, en menor medida, la Gordal.

Las densidades de plantación tradicionales varían entre 60-100 árboles/Ha, es decir, marcos entre 13m x 13 m y 10 m x 10 m . En los últimos años se están llevando a cabo plantaciones intensivas con densidades ligeramente superiores a 200 árboles por hectárea, cuyos marcos de plantación se reducen a 7m x 7m ó 7m x 5m. También hay plantaciones con densidades superiores a 400 olivos/ha, que corresponden a plantaciones temporales en las que se pretende conseguir altas producciones en los primeros años de la plantación, para después arrancar la mitad de los olivos, cuando comiencen a surgir problemas de competencia. Incluso hay plantaciones superintensivas, con densidades de plantación en torno a 1500/2500 olivos/ha (marcos de plantación del tipo 1,8m x 3m ó 1,5m x 3m). Las plantaciones intensivas sólo son factibles bajo condiciones de regadío.

La edad media del arbolado es elevada, con cerca de la mitad de las plantaciones mayores de 100 años y una tercera parte entre los 50 y los 100 años. No obstante, no se puede hablar, en general, de un arbolado caduco, pues la facilidad de emisión de brotes que presenta la variedad Picual, permite realizar podas de rejuvenecimiento que mantienen al árbol en continua renovación, alargando considerablemente su vida productiva.

La formación habitual de los olivos en la provincia de Jaén es la de matorral con posterior aclareo y conservación de 3-4 patas que se realizan progresivamente. Este sistema implica una lenta entrada en producción de la plantación en la que los árboles no llegan a ocupar el espacio asignado hasta los 12-15 años. Una vez establecida la plena producción se realiza una poda de rejuvenecimiento. La ventaja fundamental de esta poda es mantener la copa de los árboles accesible al vareo, en el sistema tradicional de recolección.

La mayor parte del cultivo del olivar en Jaén, el 70% (INE, 1999) se encuentra bajo condiciones de **secano** (ver Tabla II.2). No obstante la superficie de olivar en **regadío** ha ido aumentando en los últimos 20 años, siendo el riego localizado el principal sistema de riego asociado al olivar. Estas puestas en riego han sido llevadas a cabo principalmente bajo iniciativa privada.

El agua utilizada para el riego en Jaén procede fundamentalmente de aguas superficiales (el 70%), seguido de aguas subterráneas (el 20%), y un 5% de aguas residuales, convirtiéndose Jaén en la provincia que mayor uso hace de las aguas residuales para el riego, uso relacionado con el cultivo del olivar.

Tabla II.2. SUPERFICIES DE OLIVAR EN ANDALUCIA

	<i>SECANO</i>		<i>REGADIO</i>		<i>TOTAL</i>	
	<i>Ha</i>	<i>%</i>	<i>Ha</i>	<i>%</i>	<i>Ha</i>	<i>%</i>
<i>Almería</i>	8.382	51,78	7.806	48,22	16.189	1,13
<i>Cádiz</i>	17.045	92,62	1.359	7,38	18.404	1,29
<i>Córdoba</i>	296.699	92,11	25.424	7,89	322.123	22,58
<i>Granada</i>	124.288	73,61	44.563	26,39	168.851	11,84
<i>Huelva</i>	28.235	91,63	2.578	8,37	30.813	2,16
<i>Jaén</i>	398.940	69,77	172.832	30,23	571.772	40,08
<i>Málaga</i>	102.801	88,86	12.885	11,14	115.686	8,11
<i>Sevilla</i>	133.647	73,16	49.021	26,84	182.668	12,81
<i>Andalucía</i>	1.110.039	77,82	316.466	22,18	1.426.505	100

Fuente: Censo Agrario 1999. INE

Los sistemas de cultivo más frecuentes en el olivar andaluz son el *Laboreo*, es decir, mantenimiento del suelo desnudo mediante labores continuas y *el No-Laboreo con suelo desnudo*, en el que el suelo se mantiene desnudo mediante la aplicación de herbicidas. Esta eliminación de la cubierta vegetal espontánea se hace con el objeto de eliminar competencia en el uso del agua, factor escaso en las regiones mediterráneas.

Estos sistemas de manejo del suelo, junto con los amplios marcos de plantación en el olivar de secano dan lugar, por una parte, a una baja cobertura del suelo y a una escasa protección del mismo frente a la agresividad de la lluvia, provocando problemas de erosión que se acentúan cuando el suelo está en pendiente, situación bastante frecuente en el olivar, y cuando las labores que se efectúan favorecen la escorrentía superficial. Esta erosión es más severa en los olivares de montaña de forma que condiciona la sostenibilidad de este cultivo.

Andalucía cuenta con un total de 31.851,74 Ha de *olivar ecológico* (MAPA, 2001), la mayor parte del cual se encuentra localizado en las provincias de Córdoba (60%) y de Jaén. Con ello el olivar representa el 30,5% de la superficie agraria de

agricultura ecológica de Andalucía. En Jaén este sistema de cultivo tuvo sus comienzos en los años 80, siendo fundamental la experiencia obtenida a partir de un grupo de productores de Génave, en la Sierra de Segura. La comarca agraria de Sierra de Segura es la que mayor superficie de olivar ecológico destina dentro de la provincia, seguida de Sierra Mágina.

La producción del olivar jiennense va destinada principalmente a su uso en almazaras para la extracción del aceite de oliva. El 99,8% de la superficie de olivar de esta provincia produce aceituna para almazara, y tan sólo están registradas 944 Ha de olivar para aceituna de mesa (INE, 1999).

En el año 2001, la producción de aceituna en la provincia de Jaén (aceituna de aceite y aceituna de mesa) fue de 2.597.805 Tm (MAPA, 2001), producción valorada en 1.080,3 millones de euros (179.746,45 millones de pesetas), generando el olivar, por tanto, el 80% del Valor de la Producción Agraria de esta provincia, que para ese año ascendió a 1.345,93 millones de euros (223.943,90 millones de pesetas).

Otros datos que corroboran la importancia económica y social de este cultivo es que durante la campaña 2000/2001 se presentaron en Jaén 107.125 solicitudes de ayuda a la producción, por un total de 458.718.445 Kg de aceite (CAP, 2001). En la campaña 2001/02 las solicitudes de ayuda en Jaén fueron 108.773, lo que supone el 44,8% del total de Andalucía (242.669 solicitudes).

II.4.1. Estructura de las explotaciones

El cultivo del olivar de Jaén se encuentra distribuido en 92.566 explotaciones (INE, 1999) , lo cual supone el 92,62% de las explotaciones con tierras de esta provincia. Es por ello que los datos relativos a explotaciones agrarias de Jaén bien pueden extrapolarse, de forma general, de las explotaciones de olivar de esta provincia.

Tabla II.3: EXPLOTACIONES DE OLIVAR EN ANDALUCIA.

	<i>Explotaciones olivar</i>	<i>Superficie (Ha)</i>	<i>Superficie media explotaciones olivar (Ha)</i>
<i>Andalucía</i>	243.867	1.426.505	5,85
<i>Almería</i>	10.970	16.189	1,48
<i>Cádiz</i>	3.618	18.404	5,09
<i>Córdoba</i>	38.885	322.123	8,28
<i>Granada</i>	39.531	168.851	4,27
<i>Huelva</i>	10.869	30.813	4,27
<i>Jaén</i>	92.566	571772	6,18
<i>Málaga</i>	27.540	115.686	4,20
<i>Sevilla</i>	19.888	182.668	9,18

Fuente: Censo Agrario 1999, INE.

Un rasgo característico de las explotaciones de Jaén y, en concreto de las de olivar es su pequeño tamaño. La *superficie media* de las explotaciones de Jaén, calculada como SAU/explotación es de 8,75 Ha, inferior al tamaño medio de las explotaciones de Andalucía que es de 13,5 Ha de SAU por explotación (INE, 1999). En concreto, la superficie media de las explotaciones de olivar en Jaén es de 6,18 Ha. Por otra parte, prácticamente el 70% de las explotaciones de la provincia estudiada tienen menos de 5 Ha.

Tabla II.4: CLASIFICACIÓN DE LAS EXPLOTACIONES DE JAÉN SEGÚN SUPERFICIE TOTAL

Explotaciones con tierras	TOTAL	< 5 Ha		5-100 Ha		> 100 Ha	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%
	97.833	68.261	69,77	26.855	27,45	1.376	1,4

Fuente: Censo Agrario 1999. INE

A la estructura de la explotación también le afecta el *grado de parcelación* y según el Censo Agrario de 1999, (ver Tabla II.5) el 49,12% de las explotaciones tienen de 2 a 5 parcelas y el 21,38% tienen más de seis parcelas. Todos estos datos hacen

predecir unas condiciones de minifundismo en el olivar jiennense, como ha sido señalado en el Plan de Modernización de la Agricultura Andaluza 2000-2006.

Tabla II.5: GRADO DE PARCELACIÓN DE LAS EXPLOTACIONES DE LA PROVINCIA DE JAÉN

Explotaciones con tierras	Nº total	Con 1 parcela		2-5 parcelas		6-19 parcelas		≥ 20 parcelas	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
	97.833	28.863	29,5	48.059	49,12	19.526	19,96	1385	1,42

Fuente: Censo Agrario 1999. INE.

Otro aspecto que afecta a la estructura de las explotaciones es su *régimen de tenencia*. La mayor parte de las explotaciones de Jaén se encuentran bajo el régimen de propiedad y en muy bajos porcentajes, bajo arrendamiento o aparcería (ver Tabla II.6).

Tabla II.6: RÉGIMEN DE TENENCIA DE LAS EXPLOTACIONES. PROVINCIA JAÉN.

Explotaciones con SAU	Total explotaciones	Propiedad	Arrendamiento	Aparcería	Otros
	97.833	90.522	11.468	3.927	2.291

Fuente: Censo Agrario 1999. INE.

Lógicamente la suma de las explotaciones con cada tipo de régimen de propiedad es mayor que el número total de explotaciones, pues una misma explotación puede estar compuesta por parcelas con distinto régimen de propiedad.

Por otra parte, en la gran mayoría de las explotaciones de Jaén el titular de la misma es una persona física; le sigue en importancia y a gran distancia la entidad pública, las cooperativas y otras formas jurídicas. (ver Tabla II.7).

En las explotaciones cuyo titular y jefe de la explotación es una persona física merece destacar el hecho de que el 60% de estos titulares son mayores de 60 años (Rizzo Escalante, 2002).

Tabla II.7: EXPLOTACIONES SEGÚN PERSONALIDAD JURÍDICA DEL TITULAR

Todas las explotaciones	Persona Física	Persona Física y Jefe de la Explotac.	Sociedad Mercantil	Entidad Pública	Cooperativa de Producción	S.A.T	Otra forma jurídica
97.833	95.916	85.018	368	293	89	38	1.129

Fuente: Censo Agrario 1999. INE.

II.4.2. Factor Trabajo

En las explotaciones agrarias de la provincia de Jaén, al igual que en el conjunto de Andalucía destaca el trabajo asalariado. Así, de las jornadas totales trabajadas en estas explotaciones según el Censo Agrario de 1999 que ascendieron a 7.901.333 jornadas, el 60% corresponden a trabajo asalariado y sólo el 40% a trabajo familiar.

El trabajo asalariado en la explotaciones de la provincia de Jaén es eminentemente eventual: de las 4.763.333 jornadas asalariadas, el 95,7% corresponden a trabajo asalariado eventual (INE, 1999) y el porcentaje restante a asalariado fijo.

Esta elevada tasa de eventualidad viene ocasionada porque la mayor parte de los jornales se producen en épocas concretas del año, coincidentes con la recolección.

En los últimos años se está produciendo una importante afluencia de trabajadores inmigrantes para llevar a cabo la recolección, los cuales proceden fundamentalmente del Magreb, Europa del Este y Latinoamérica.

II.4.3 Importancia económica.

El sector del aceite de oliva desempeña un papel muy importante en la economía provincial.

En el año 2000 el sector de aceites y subproductos aportaba prácticamente el 80% de la Producción Final Agrícola y el 66% de la Producción Final Agraria de la provincia de Jaén, que ascendió a la cifra de 1.345,93 millones de euros (223.943,90 millones de pesetas).

Las subvenciones aportaron en el año 2000 el 46% de la Renta Agraria de esta provincia, lo cual denota la gran dependencia de las subvenciones para la rentabilidad del cultivo del olivar (CAP, 2001).

CAPÍTULO III
LA EXPLOTACIÓN AGRARIA
OLEÍCOLA: CARACTERÍSTICAS Y
FACTORES INFLUYENTES EN SUS
RENDIMIENTOS Y COSTES

CAPÍTULO III:**LA EXPLOTACIÓN AGRARIA OLEÍCOLA: CARACTERÍSTICAS Y FACTORES INFLUYENTES EN SUS RENDIMIENTOS Y COSTES.****III.1.- Conceptos relacionados con los costes de cultivo.****III.1.1.- Factor de producción.**

Se entiende por factor de producción cada uno de los recursos económicos de los medios de producción naturales o elaborados que son utilizados en la función de transformación económica. (Huicochea¹ 1994).

También se puede considerar que un factor de producción es aquel elemento que interviene en el proceso productivo de un modo variable o susceptible de variación, dando lugar cuando varía a alteraciones en la cantidad o calidad del producto obtenido; un ejemplo típico puede ser el abono. (Berbel, 2002).

Los factores de producción pueden ser *variables*, cuando se utilizan o destruyen en un periodo menor o igual a un proceso productivo (como el abono o los productos fitosanitarios), o *fijos*, cuando estos factores no se agotan en un solo proceso productivo y pueden seguir usándose en periodos siguientes (como las edificaciones y la maquinaria). En olivar la duración del periodo productivo es un año.

III.1.2.- Costes.

Se entiende por *coste* el valor de aquellos factores que intervienen en el proceso de producción destruyéndose o inmovilizándose.

Hay que distinguir entre los conceptos de *coste*, *gasto* y *pago*. Así el *gasto* (también llamado egreso) es el resultado de una compra, mientras que *pago* es una

¹ Citado por Pretel (2001) en su trabajo *Diseño de una metodología para la caracterización de costes de cultivo de olivar en Andalucía*.

salida de dinero de caja o de la cuenta corriente (Ballester, 1988). Así en el caso de la adquisición de fertilizantes por parte de una empresa agrícola, el gasto se produce en el momento de la compra, el pago cuando se entrega el dinero al vendedor, y el coste cuando esos fertilizantes se incorporan a la tierra.

III.1.2.1.- *Costes directos e indirectos.*

- Costes directos son los vinculados directamente con el proceso de producción. Comprenden los costes de maquinaria, mano de obra e insumos empleados en el cultivo propiamente dicho.
- Costes indirectos o de estructura: se refieren a la remuneración de los factores de producción necesarios para el funcionamiento de la empresa que son independientes de las actividades concretas que ésta lleve a cabo. (CAP, 2003).

III.1.2.2.- *Costes fijos y variables.*

Este sistema emplea el volumen de producción como criterio de clasificación de costes.

- Coste fijo, para un periodo de tiempo dado, es aquel coste en el que incurre la empresa con independencia de su producción.
- Coste variable es aquel que varía en función del volumen de producción. (Alonso y Serrano¹, 2000).

En este trabajo seguiremos la clasificación de costes directos e indirectos.

III.1.3.- Precio e Ingreso.

Se entiende por *precio* la expresión monetaria dada a un producto o servicio según el valor asignado por el mercado o por el cálculo en términos de oportunidad del valor de un trabajo realizado por la propia empresa (Rocafort¹, 1989).

¹ Citado por Pretel (2001) en su trabajo *Diseño de una metodología para la caracterización de costes de cultivo de olivar en Andalucía.*

El *ingreso* se obtiene al multiplicar el precio por la cantidad de productos o servicios vendidos u obtenidos. En el caso de la agricultura también se incluyen dentro de los ingresos las ayudas comunitarias vinculadas a las superficies o a las producciones. (Sánchez, 1999; Pretel, 2001; CAP, 2003).

III.1.4.- Margen.

Según Rocafort¹ (1989), se entiende por margen la diferencia entre los ingresos y los costes de producción directamente vinculados a la obtención y venta de un producto. En función de la clasificación de costes que se adopte y de los conceptos que se incluyan encontramos:

Margen Bruto Estándar. Es el utilizado por la Red Contable Agraria Nacional (RECAN) para calcular el tamaño de las explotaciones expresadas en UDEs (Unidades de Dimensión Europea), (MAPA, 2000).

Margen Bruto y Neto. Se define el margen bruto como la diferencia entre los ingresos y los costes variables. Si al margen bruto le restamos los costes fijos obtenemos el margen neto.

El análisis de márgenes brutos es muy útil para medir la eficiencia técnica de una explotación, aunque según Nix¹ (1999), hay que tener en cuenta:

- El margen bruto no equivale al beneficio, ya que debe ser cubierto el capítulo de costes fijos.
- Variará de un año a otro, debido a las cosechas y por la diferente aplicación de insumos.
- Habrá variación entre dos explotaciones que sigan el mismo manejo según los medios de producción que empleen. Por ejemplo, un agricultor que contrate a una

¹ Citado por Pretel (2001) en su trabajo *Diseño de una metodología para la caracterización de costes de cultivo de olivar en Andalucía*

empresa de servicios para dar una labor incurre en un coste variable, mientras que si emplea un tractor propio tiene costes fijos y variables.

El concepto de margen neto es utilizado por la CAP (2003) para caracterizar el olivar andaluz.

Margen, ganancia y beneficio

Ya se ha definido el margen como la diferencia entre los ingresos y unos costes determinados.

El beneficio se puede definir como la diferencia entre ingresos y costes, incluidos los costes de oportunidad (Alonso y Serrano¹, 2000). El coste de oportunidad, o coste alternativo, de cualquier factor empleado en el proceso productivo se mide de acuerdo con el beneficio perdido por no emplear ese factor en su mejor aplicación alternativa (Mallo², 1989). Para aquellos factores productivos que la empresa contrata en el exterior, el coste de oportunidad viene medido por el precio pagado, pero para los recursos propiedad de la empresa que se consumen en el proceso productivo, el coste de oportunidad viene dado por el valor actual de mercado que podrían tener los mismos.

A la hora de determinar los resultados de una empresa se pueden obtener dos clases de los mismos, unos en sentido estricto (antes de considerar los costes de oportunidad) que se pueden identificar con la ganancia (Ballester, 1991), y otros en sentido económico (después de incorporarlos) que representan el beneficio.

III.2.- Trabajos de costes de cultivos de olivar.

Vamos a citar brevemente una revisión de algunos estudios anteriores sobre costes de cultivo en olivar.

¹ Citado por Pretel (2001) en su trabajo *Diseño de una metodología para la caracterización de costes de cultivo de olivar en Andalucía*.

² Citado por Sánchez (1999) en su trabajo *El Control de Costes en el Cultivo del Olivar*.

GUERRERO (1988)

Al final del libro “Nueva Olivicultura” dedica un capítulo al estudio de costes de cultivo por hectárea de olivar, a partir de datos de varias fincas de la campiña de Córdoba. Parte de los datos del Convenio colectivo, y calcula el salario del tractorista fijo, del trabajador eventual en faenas no específicas, el coste horario de tractores y maquinaria, el coste de las labores más frecuentes en olivar, y los costes indirectos tanto de una hectárea de olivar de secano como los de una hectárea de olivar de riego en la campiña cordobesa.

Distingue entre una explotación de olivar de:

- Secano en zona de campiña y cultivo tradicional.
- Secano en zona de campiña, cultivo intensivo (200 árboles/ha) y no laboreo.
- Regadío en zona de campiña y cultivo tradicional.
- Regadío en zona de campiña, cultivo intensivo (200 árboles/ha) y no laboreo.

LORING (1989)

Se trata de un estudio de los costes de cultivo en la provincia de Sevilla. Distingue entre costes directos, que son determinados de forma diferente para cada cultivo, y costes indirectos, que dependen de la superficie de la explotación. Se definen las técnicas de cultivo y, para cada una de ellas, un máximo y un mínimo de unidades de materia prima y de tiempo.

En el caso del olivar, distingue entre aceituna de verdeo y aceituna destinada a la producción de aceite. También establece una distinción entre dos marcos de plantación (tradicional a 10 m X 10 m, e intensivo a 6 m X 7 m).

SÁNCHEZ (1999)

En su Tesis Doctoral realiza una amplia revisión bibliográfica de los aspectos económicos de la empresa agraria. Propone un modelo contable en el que se recoge un

margen de cosecha (sin subvenciones) y un margen de campaña (incluyendo las ayudas a la producción de aceite de oliva).

Compara varios modelos de cultivo de olivar y su significación económica:

- Sistema de cultivo tradicional.
- Sistemas alternativos: intensivos y superintensivos.
- Sistemas de cultivo sin labranza.
- Sistemas de cultivo con cubiertas vegetales.
- El cultivo ecológico del olivar.
- El cultivo bioeconómico del olivar, basado en la “agricultura sostenible”..

Establece los costes de cultivo a partir de tres fuentes: la bibliografía, una amplia encuesta realizada entre los productores y mediante entrevistas con expertos y empresas del sector.

ALARCÓN (2000)

En su trabajo profesional fin de carrera realiza un análisis de la evolución del desarrollo económico de la zona regable del Canal del Cacín (Granada).

Incluye la cuenta de explotación de una hectárea de olivar en los primeros de años de su implantación, así como cuando está en plena producción. Considera una producción de 4.000 kg/ha de aceitunas. Separa el coste de la maquinaria y el de la mano de obra.

PRETEL (2001)

Este autor, en su trabajo profesional fin de carrera incluye una revisión de los trabajos anteriores de costes de cultivo en el olivar. Su trabajo se inserta dentro del Estudio Técnico sobre el Sistema Oleícola Andaluz, realizado por la Consejería de Agricultura y Pesca.

En la metodología distingue entre costes directos, indirectos y costes de oportunidad. A partir de la información recopilada establece un coste unitario de la mano de obra, de la maquinaria y de las materias primas empleadas con más frecuencia.

Los resultados de su trabajo aparecen reflejados y ampliados en el siguiente estudio que citamos.

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA (2003)

La Consejería de Agricultura y Pesca (CAP) de la Junta de Andalucía ha publicado el libro “El Olivar Andaluz”. La información utilizada proviene de:

- La base de datos de declaraciones de cultivo de olivar.
- La base de datos de solicitudes de ayuda a la producción de aceite de oliva.
- El Registro Oleícola Español (ROE).
- El Sistema Integrado de Gestión Oleícola (SIG Oleícola).
- Mapas de clases agrológicas.
- Modelo Digital del Terreno (MDT).
- Datos meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología (INM).
- Datos estadísticos de la propia CAP.

Establece las principales variables que caracterizan al olivar andaluz, clasifica las explotaciones olivareras en función de criterios agronómicos (dieciséis clases) y de criterios estructurales (cuatro clases). Finalmente cuantifica los costes de cultivo y de mano de obra para cada una de las clases de olivar anteriormente establecidas.

Como resultado establece doce intervalos de márgenes netos por explotación (€/ha): desde aquellas explotaciones cuyo margen neto es negativo o nulo, hasta las que superan los 3.000 €/ha de margen neto.

III.3.- Factores que determinan los costes de cultivo directos.

III.3.1.- Mano de obra.

Según el Plan de Modernización de la Agricultura Andaluza 2000- 2006 (CAP, 2000) el olivar es uno de los cultivos que genera más trabajo en el campo andaluz. Prácticamente la mitad de la mano de obra está constituida por trabajo asalariado eventual (concretamente el 48%), debido a que el personal eventual es el predominante en la recolección.

Tabla III.1 TIPO DE MANO DE OBRA EN EL OLIVAR

Situación profesional	U.E.	España	Andalucía	Olivar Andalucía
Familiar	80,6%	75,7%	53,2%	46%
Asalariado fijo	10,8%	10,0%	10,5%	6%
Asalariado eventual	8,6%	14,3%	36,3%	48%

Fuente: Plan de Modernización de la Agricultura Andaluza 2000-2006.

Por otro lado, el cultivo del olivo no requiere la presencia permanente del titular de la explotación. Así, más del 80% de los titulares de explotaciones dedica menos de 0,25 Unidades de Trabajo Agrícola (UTAs) a su explotación. Esta situación se explica, por una parte por la exigua dimensión de las explotaciones, y por otra, por la estacionalidad de la producción, que exige grandes aportaciones de trabajo en determinados momentos del año que no pueden ser cubiertas por el titular y deben serlo por mano de obra eventual. (CAP, 2000).

III.3.2.- Maquinaria.

La mayor parte de las explotaciones olivareras son de pequeño tamaño, lo cual hace que muchas de ellas no utilicen maquinaria propia, pues no sería rentable. Por esta razón, aunque la explotación donde se han tomado los datos para el presente estudio sí disponía de maquinaria propia, para simplificar los cálculos y facilitar la comparación con los datos de otras explotaciones, se ha optado por evaluar el coste de la maquinaria como si fuese alquilada.

III.3.3.- Materias primas.

El coste unitario de los insumos (fertilizantes, fitosanitarios, etc.) se determinan a partir de sus precios de mercado, I.V.A. incluido.

III.3.4.- Otros costes directos.

Al tratarse de una explotación de secano, no hay costes originados por el riego. Tampoco se han considerado los costes debidos a la depreciación de la plantación; pues, pese a tratarse de un coste directo, se ha considerado que la edad de la plantación aseguraba que ya había sido amortizada. Autores como Loring (1989) tampoco consideran un coste de amortización de la plantación en el cálculo de costes de cultivo de olivar, mientras que sí lo hacen con plantaciones de menor vida útil, como por ejemplo el melocotonero.

III.4.- Técnicas de cultivo.

Una vez definidos los costes directos que se van a considerar, se han clasificado las técnicas de cultivo en grupos relativamente independientes unos de otros para facilitar su caracterización. En cada una de ellas se detallarán las unidades de mano de obra, de maquinaria y de materias primas empleadas.

Hay que tener presente que la realización de estas prácticas de una forma u otra conlleva una repercusión tanto en los costes como en la calidad del producto obtenido. La consecución de aceitunas sanas y bien desarrolladas serán la mejor garantía para la consecución de un aceite de oliva de calidad.

III.4.1.- Manejo del suelo.

Dentro de este concepto se incluyen las técnicas de cultivo que tienen como objetivo mantener el suelo libre de malas hierbas, ya sea por medios mecánicos (laboreo) o químicos (herbicidas); y prepararlo para facilitar la recolección.

Esta unificación bajo un mismo epígrafe de las dos técnicas antes enunciadas es la que sigue la Consejería de Agricultura y Pesca en el estudio “El Olivar Andaluz” (2003) y autores como Guerrero (1988) o como Barranco et al (1997).

En general, puede decirse que las acciones de laboreo se intensifican conforme se incrementa la producción de los olivares, hasta que se alcanza una cifra a partir de la cual no parece necesaria la realización de más labores (CAP, 2003).

Al analizar los factores considerados en el manejo del suelo (pendiente, estructura de plantación y secano / regadío) encontramos que, si bien el número de labores en los olivares en pendiente es inferior al de olivares en llano, las dificultades que presentan este tipo de olivares accidentados hacen que el tiempo empleado en cada labor sea mayor. Adicionalmente el empleo de herbicidas también es mayor en olivares en pendiente, por lo que el resultado final es que no existen grandes diferencias en estos costes en el olivar de alta y baja pendiente. (CAP, 2003).

En olivares con riego y alta producción, el coste del manejo del suelo es mayor que en secano, al ubicarse normalmente en terrenos de alto potencial productivo y propiciar el riego una mayor proliferación de malas hierbas. (CAP, 2003).

III.4.2.- Poda.

La poda, de cara a su influencia en la calidad, debe contribuir a mantener la copa perfectamente aireada e iluminada, para lo cual la forma de la planta debe ser aquella en que mayor superficie reciba la luz y con aclareo de ramones que haga compatible una buena producción con un buen tamaño de frutos. Por otra parte, ha de adaptar el árbol a la mecanización de la recolección. (Humanes y Civantos, 1992).

En general, el ciclo de poda al que se somete al olivo es bienal: un año se realiza una poda severa y al año siguiente se realiza una poda más ligera o “limpia”. La poda se lleva a cabo tras la recolección, aprovechando el período de reposo vegetativo invernal. El desvareto es una práctica anual complementaria a la poda que se realiza a final de

verano, y consiste en la eliminación de brotes adventicios en la cabeza y en la base del pie (conocidos popularmente como “varetas” o “chupones”) que surgen durante este periodo. (CAP, 2003).

El coste de poda está directamente relacionado con la producción, ya que ésta depende del volumen de copa del árbol.

La poda se dificulta en olivares en pendiente, en particular la eliminación de restos de poda, para lo cual es necesario emplear más tiempo. El coste aumenta, por tanto, con la pendiente. (CAP: El Olivar Andaluz, 2003).

No se han encontrado diferencias importantes entre los olivares tradicionales y los intensivos en este coste. Si bien en el olivar intensivo el volumen de copa del olivo es menor, el número de árboles por hectárea es superior al tradicional, resultando finalmente un coste bastante semejante. (CAP, 2003).

III.4.3.- Tratamiento fitosanitarios.

La protección fitosanitaria del árbol es sin duda la técnica de cultivo que más influye en la obtención de aceites de calidad. Para alcanzar esta calidad es absolutamente necesario que los frutos se conserven sanos y que permanezcan en el árbol hasta el momento de la recolección. (Humanes y Civantos, 1992).

Las plagas y enfermedades que atacan al olivo se pueden clasificar en dos grupos, según los daños que causan (Humanes y Civantos, 1992):

- Aquellas que ocasionan la caída de las aceitunas antes del momento de la recogida, cuyo representante más característico es la mosca de la aceituna (*Bactrocera oleae*).
- Aquellas que provocan en los aceites características sensoriales defectuosas, cuyo prototipo es la aceituna jabonosa, causada por *Gloeosporium olivarum*.

De todas ellas, los daños más importantes los causa la mosca, al favorecer el desarrollo de hongos y microorganismos que alteran gravemente la calidad de los

aceites, originando un aumento del grado de acidez y el deterioro de las características organolépticas.

El coste depende de los tratamientos que se realicen y de la maquinaria utilizada. El número de tratamientos está relacionado con la producción (CAP, 2003), no encontrándose diferencias entre olivares tradicionales e intensivos, ni entre olivares de secano y regadío con el mismo nivel productivo, pero sí entre olivares situados en terrenos con alta y baja pendiente. En los primeros, este coste es superior al no mecanizarse la aplicación y utilizarse normalmente cubas de tratamiento equipadas con pistolas pulverizadoras de alta presión accionadas por dos operarios, con el consiguiente incremento de coste.

III.4.4.- Fertilización.

La fertilización racional de los árboles debe contribuir a obtener de la planta una adecuada respuesta productiva.

Las tareas de abonado o fertilización en olivar se componen usualmente de un abonado de fondo y una o varias aplicaciones foliares, que se realizan conjuntamente con los tratamientos fitosanitarios. El abonado de fondo se aplica únicamente en secano a finales de invierno con una abonadora centrífuga acoplada al tractor. En regadío, en lugar de emplear este método, se aprovecha el sistema de riego por goteo y se fracciona el abonado de suelo a lo largo del ciclo de riego, normalmente de abril a septiembre. Aunque el abono para fertirrigación es más caro, el fraccionamiento de la aplicación hace que la eficiencia sea mayor y que la dosis de abono sea más pequeña.

El número de abonados foliares está relacionado con el nivel productivo del olivar, llegando como máximo a tres tratamientos anuales, uno a la salida del invierno, otro en floración y otro justo después de las primeras lluvias de otoño.

El coste de fertilización incluye el coste total de los productos fertilizantes y la aplicación de éstos al suelo. La aplicación de fertilizantes foliares se contempla en el apartado anterior de tratamientos fitosanitarios. (CAP, 2003).

El coste en secano y regadío es similar ya que el mayor precio de los abonos para fertirrigación se compensa con el menor coste que genera su aplicación. Normalmente el coste de los tratamientos fertilizantes crece conforme se incrementan las producciones. (CAP, 2003).

III.4.5.- Riego.

El riego, allí donde la pluviometría es un factor limitante, y desafortunadamente lo es en gran parte del área olivarera, es una técnica cultural aconsejable tanto desde el punto de vista de la producción como de la calidad de los frutos. Es difícil obtener aceites de calidad con frutos agotados por el déficit hídrico, que no han podido desarrollarse normalmente y alcanzar un buen estado de madurez. (Humanes y Civantos, 1992).

Existe una gran variabilidad entre los sistemas de riego empleados. El riego localizado superficial es el más frecuente en todos los intervalos de producción, si bien en los últimos tiempos se están imponiendo los sistemas de riego localizado enterrado. Los riegos de apoyo y por pozas se dan principalmente en olivares de baja producción.

El coste de riego está compuesto por costes fijos (amortización, mantenimiento, canon de riego, etc.) y un coste variable, el de la energía necesaria para la impulsión del agua, la cual depende únicamente de la dosis de riego aplicada. (CAP, 2003).

III.4.6.- Recolección, transporte y molturación.

La recolección de las aceitunas es una operación cultural decisiva para la obtención de aceites de calidad, tanto por la época como por la forma en la que se realiza.

La calidad del aceite, por lo que se refiere a los índices físicos y químicos, se mantiene constante durante un largo periodo después de la maduración, siempre que la

aceituna se mantenga en el árbol. Cuando las aceitunas se mantienen con su epidermis íntegra se defienden perfectamente de los agentes patógenos. Por ello es necesario hacer la recolección de tal manera que se respete por entero esa integridad. Es absolutamente necesario recolectar por separado la aceituna del suelo de la del árbol. (Humanes y Civantos, 1992).

De los métodos manuales de recolección el ordeño es el más aconsejable, desde el punto de vista de la calidad, aunque su elevado coste en mano de obra hace que sólo se emplee en la recolección de la aceituna de mesa; en tanto que el vareo ocasiona abundantes daños en los frutos.

La recolección mecanizada mediante vibradores de troncos es compatible con el ordeño en cuanto a la ausencia de daños y aconsejable desde el punto de vista económico. (Humanes y Civantos, 1992). Siempre nos referimos a la recolección mecanizada de la aceituna del árbol, pues la recogida de la aceituna del suelo mediante máquinas es una práctica incompatible con la obtención de aceites de oliva de calidad, y por tanto debe ser desechada. (Humanes y Civantos, 1992; Guerrero, 1988).

La recolección del olivar presenta una clara tendencia a la mecanización. Este incremento en el uso de la maquinaria se ve potenciado por el elevado coste de la mano de obra y por la estacionalidad de esta demanda de empleo, que se concentra en los meses de diciembre, enero y febrero. Dicha concentración de la demanda puede llegar a provocar un déficit de mano de obra en algunas zonas olivareras. Otros factores que han contribuido a la mecanización de la recolección son la tendencia a acortar el periodo de recolección, con el objeto de disminuir el riesgo de lluvias durante el mismo, la búsqueda de mayor comodidad en el trabajo, etc.

Según la encuesta realizada por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía (CAP, 2003), el 11,1% del olivar se recolecta mecánicamente con vibrador de tronco; el 60% de la superficie de olivar de Andalucía es susceptible de este tipo de mecanización sin necesidad de realizar ninguna adaptación previa, y sólo en el

28% de la superficie de olivar, debido a la orografía, no sería factible este tipo de mecanización.

El coste de recolección depende de la pendiente de la explotación, de la estructura de la plantación (densidad de plantación y número de pies por árbol), y de la producción (kg/ha) del olivar. (CAP, 2003).

Las mayores diferencias en costes vienen determinadas por la posibilidad de utilización de vibrador de tronco en la recolección de la aceituna. Con producciones inferiores a los 2.500 kg/ha las diferencias en los costes de los distintos tipos de olivar son menores, ya que se podría utilizar el vibrador de rama o “de mochila”. En cambio, para una productividad de 6.000 kg/ha, la recolección de olivar tradicional en pendiente es un 48% más cara que la de pendientes suaves, pasando de 769,30 euros/ha a 1.141,92 €/ha solamente por no poder emplear el vibrador de tronco. (Pretel, 2001).

Los costes de transporte dependen de la distancia de la finca hasta la almazara, y de la producción media de la explotación. Este coste se incrementa de forma inversamente proporcional a la producción de la explotación. Es una operación en la que hay que exigir que se eviten los daños a los frutos.

El coste de molturación y limpieza se puede considerar fijo por kilogramo, independientemente de la clase de olivar.

CAPÍTULO IV
LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN:
G.P.S. Y S.I.G.

CAPÍTULO IV:

LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN: G.P.S. Y S.I.G.

En este capítulo, vamos a describir la herramienta que se ha utilizado para la referenciación geográfica de los datos, es decir el Sistema G.P.S., la herramienta con la que se han integrado los datos para su manejo, el Sistema de Información Geográfica, y una visión global de la Agricultura de Precisión.

Veremos los fundamentos teóricos de cada una de ellas y su aplicación, con especial referencia a las aplicaciones de tipo agrícola y socioeconómico. Así, finalizaremos el capítulo con los beneficios económicos de la Agricultura de Precisión, citando estudios relativos a su rentabilidad y al impacto en el medio ambiente.

IV.1.- El Sistema de Posicionamiento Global, G.P.S.

Las siglas G.P.S. provienen del inglés: “Global Positioning System”, cuya traducción es Sistema de Posicionamiento Global. Se trata de un sistema para determinar la posición en la Tierra, el cual fue desarrollado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos para constituir un sistema de navegación preciso con fines militares. En la actualidad está bajo el control tanto de este Departamento, como del de Transportes, y sus aplicaciones se van extendiendo al ámbito civil (navegación, catastro, SIG, levantamientos, ...). El sistema está formado por 21 satélites operativos y 3 de reserva, los cuales están orbitando alrededor de la Tierra, a una altura de 20.000 km.

El G.P.S. no es el único Sistema global de Navegación por Satélite. También existe el Sistema GLONASS, desarrollado por la antigua Unión Soviética y explotado por Rusia. Actualmente la Unión Europea está desarrollando el Proyecto Galileo.

Se ha aprobado el Reglamento 876/202 del Consejo por el que se crea la Empresa Común GALILEO (DOCE L 138 de 28/05/02). El sistema contará con una constelación formada por 30 satélites. La previsión es que el sistema estará funcionando plenamente a partir del 2008.

IV.1.1. Principios básicos del Sistema G.P.S.

El Sistema G.P.S. puede dividirse en tres sectores fundamentales (Krüger et al, 1994):

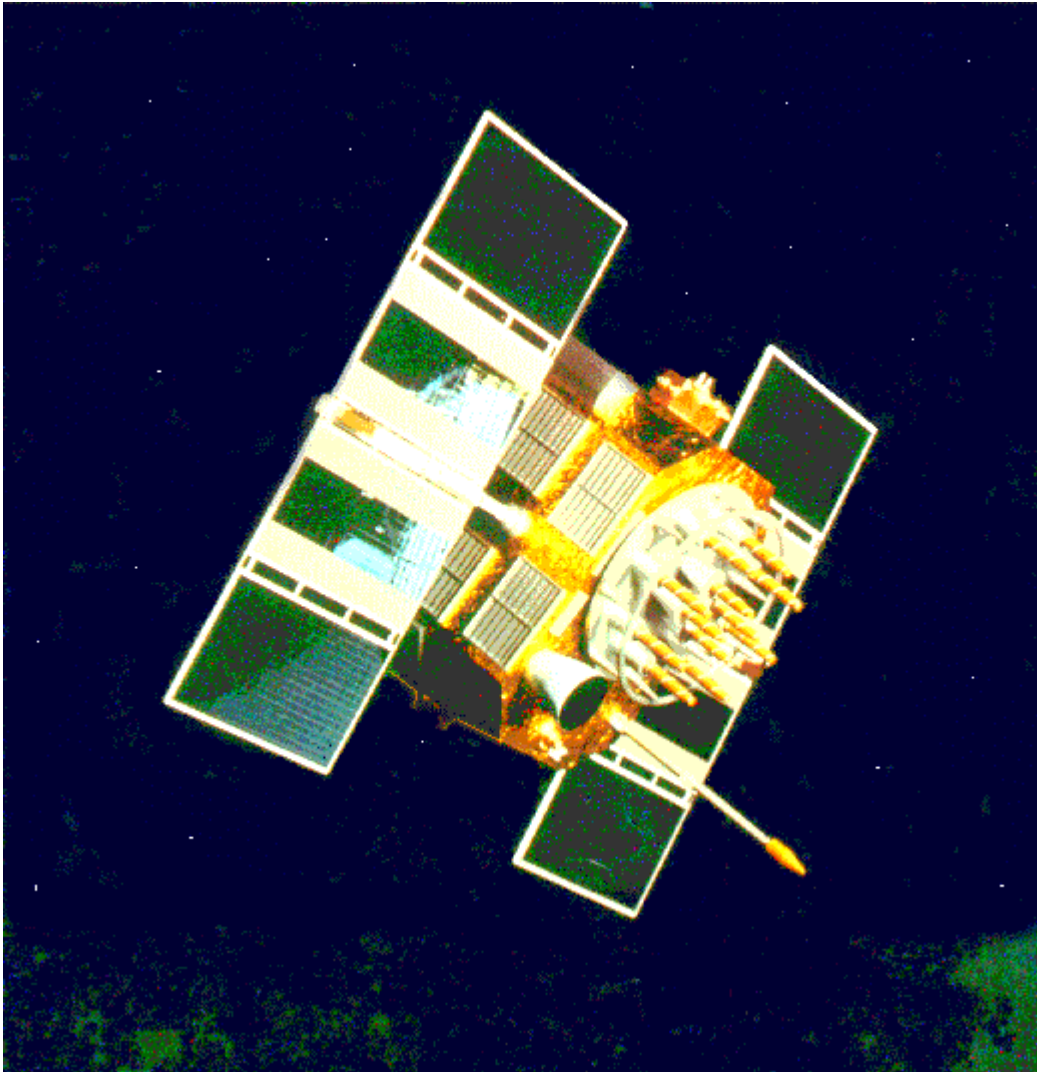
- a) El sector espacial.
- b) El sector de control en tierra.
- c) El sector de usuarios.

Veamos resumidamente cada uno de ellos:

- a) El sector espacial:

Incluye 21 satélites (más 3 de reserva) de la constelación NAVSTAR (Navegación por satélite en tiempo y distancia), orbitando alrededor de la Tierra en órbitas elípticas, casi circulares, situadas a 20.000 km de altitud. Estas órbitas están dispuestas sobre 6 planos orbitales con 55° de inclinación. El periodo de cada órbita es de 11 horas y 58 minutos, lo cual implica que cada satélite da dos vueltas diarias a la Tierra y que cada día es visible 4 minutos antes.

Figura IV.1 Satélite G.P.S.



Fuente: Peter H. Dana. (1994)

La distribución de los satélites en los planos orbitales es tal que en todo momento se garantiza la presencia de al menos 4 satélites sobre el horizonte de cualquier lugar de la superficie terrestre.

Cada satélite consta de un oscilador que genera una frecuencia fundamental, a partir de la cual se generan dos portadoras en la banda L de radiofrecuencia, denominadas L1 y L2. La señal L1 porta un código de precisión normal (el código C/A) y un código de alta precisión (el código P), mientras que la señal L2 sólo porta el código P. Superpuestos a estos códigos se envían, a baja frecuencia, los datos del mensaje de navegación, que incluyen parámetros de reloj de los satélites y efemérides; así como

información para sincronizarse con el sistema de tiempo UTC, “Coordinated Universal Time”. (CAP).

b) El sector de control en tierra.

Realiza el seguimiento continuo de todos los satélites de la constelación NAVSTAR para los siguientes fines:

- Establecer la órbita de cada satélite, así como determinar el estado de los osciladores (relojes).
- Emitir los parámetros anteriores a los satélites, para que éstos puedan difundirlos a los usuarios.

Incluye una estación maestra de control, situada en Colorado Springs (EE.UU.), así como un conjunto de estaciones de monitorización y antenas situadas en distintos puntos de la superficie terrestre.

c) El sector de usuarios.

Formado por todas aquellas personas que disponen de un receptor adecuado, capaz de recibir la señal GPS y posteriormente realizar el procesado de los datos. En la actualidad la recepción de dicha señal es gratuita.

IV.1.2. Forma de operar del sistema:

Los satélites envían una señal electromagnética, a partir de la cual es posible determinar el tiempo que ha pasado desde que esa señal salió del satélite y llegó al receptor GPS del usuario situado en tierra. Conocido dicho tiempo, como las señales electromagnéticas viajan a la velocidad de la luz, la distancia entre el satélite y el usuario será simplemente:

$$\text{Distancia} = \text{Tiempo de viaje} \times \text{velocidad de la luz}$$

En la práctica no es necesario conocer el instante en que la señal salió del satélite para saber el tiempo de viaje, sino que simplemente reproduciendo en el receptor GPS la forma en la que la señal fue generada en el satélite, y correlando las señales generada y recibida, a partir del desfase entre ambas se conoce el tiempo de viaje. (Consejería de Agricultura y Pesca, Manual de Introducción a la Tecnología GPS).

Una vez que se conoce la distancia satélite – receptor del usuario, lógicamente el receptor del usuario está situado en una esfera que tiene de radio la distancia calculada y cuyo centro es la posición del satélite en cada instante. Mediante la intersección de tres esferas, cada una de ellas centrada en un satélite diferente, se obtiene un solo punto de intersección, que es la posición del receptor del usuario.

En principio podríamos pensar que calculando los retardos temporales entre 3 satélites y el usuario ya tendríamos la posición deseada (X, Y, Z), puesto que tres esferoides que se cortan definen un punto. ¿Por qué son necesarios entonces 4 satélites si parece que basta con 3 para obtener la posición?

La respuesta a esta pregunta es que, efectivamente, bastaría con sólo 3 satélites para determinar la posición, pero esto exige una precisión muy buena y una gran estabilidad de los relojes, tanto del satélite como del receptor. Si bien los satélites cumplen estas dos condiciones, pues incorporan un reloj atómico (que son muy precisos y muy estables), este no es el caso de los receptores puesto que su precio sería desorbitado.

La solución a este problema es introducir una nueva incógnita en el sistema (además de las tres coordenadas espaciales del receptor) debido a la deriva que existe entre el reloj del satélite y el reloj del usuario. Y es por esto por lo que necesitamos 4 satélites como mínimo, y no 3 como parecía en un principio.

Cuando medimos la distancia entre un satélite y el receptor realmente lo que medimos es esa distancia más algo que se debe a la deriva existente entre el reloj del satélite y el del receptor S, y a los efectos de la Troposfera e Ionosfera al atravesar la señal GPS. Por eso se habla de pseudodistancia.

IV.1.3. El sistema de referencia

Las coordenadas de cada uno de los satélites, así como las de los usuarios posicionados con receptores G.P.S. están referidas al sistema de referencia WGS84 (World Geodetic System 1984). El sistema se define del siguiente modo:

Origen en el centro de masas de la Tierra.

- El eje Z es paralelo al polo medio de 1903 (media de la situación del polo entre los años 1900 y 1905).
- El eje X es la intersección del plano del ecuador medio con el Meridiano Medio de Greenwich.
- El eje Y es perpendicular a los ejes Z y X, y coincidente con ellos en el centro de masas terrestre.
- El elipsoide de referencia considerado es un elipsoide de revolución con los siguientes parámetros:
 - Semieje mayor (a): 6.378.137 m
 - Aplanamiento (α): 1 / 298,257223563.
 - Velocidad angular de rotación (ω): $7.292.115 \times 10^{-11}$ rad/s.

La transformación de las coordenadas WGS84 a otro sistema de referencia, y viceversa, es posible con transformaciones tridimensionales de siete parámetros (3 traslaciones, 3 rotaciones, 1 factor de escala); ya sean calculados a partir de al menos 3 puntos de coordenadas conocidas) o establecidos por algún organismo con una gran base de datos. Para realizar una transformación correcta debemos definir el elipsoide, proyección y zona a la cual debemos referir nuestras coordenadas. En España el Sistema de coordenadas que se utiliza es el ED50. Los parámetros de transformación que se han usado en el presente trabajo estaban referidos a la zona de Martos.

IV.1.4. Descripción de la señal enviada por los satélites GPS.

El Sistema G.P.S. presenta dos modos de funcionamiento:

- Modo SPS (Standard Positioning Service) o con código C/A.

- Modo PPS (Precise Positioning Service) o con código P. En principio el modo PPS está restringido al uso militar.

Los códigos C/A son secuencias de 1023 bits que se repiten cada milisegundo. Los receptores civiles sólo disponen de este tipo de código. Cada uno de los satélites tiene asignado un único código C/A, lo que permite distinguirlos entre sí, aunque empleen la misma frecuencia de portadora en banda L.

Las secuencias de código P tienen una longitud aproximada de $6,19 \times 10^{12}$ bits y se repiten cada semana. Estas secuencias son más rápidas, precisas y resistentes a interferencias intencionadas que las secuencias C/A. Cada satélite tiene asignada su propia secuencia de código P.

Puesto que cada satélite envía sus propios y únicos códigos C/A y P, dichos códigos son un sistema adecuado para identificar cada uno de los satélites activos en la constelación.

Además cada satélite emite un mensaje de navegación específico, que está constituido por los siguientes elementos:

- Efemérides (son los parámetros orbitales del satélite).
- Información del tiempo (horario) y estado del reloj del satélite.
- Modelo para corregir los errores del reloj del satélite.
- Modelo para corregir los errores producidos por la propagación en la ionosfera y la troposfera.
- Información sobre el estado de salud del satélite.
- Almanaque, que consiste en información de los parámetros orbitales (constelación de satélites).

Los satélites emplean relojes atómicos muy precisos, pero con el paso del tiempo pueden presentar alguna deriva. En el mensaje de navegación uno de los parámetros que se envían es el estado del reloj del satélite para tener controlado su funcionamiento.

Debido a que el satélite está situado en un campo gravitatorio más débil se produce un adelanto del reloj y como consecuencia de la mayor velocidad que lleva el satélite se produce un retraso del reloj. Sobre estos dos efectos predomina el adelanto, por esto se diseñan para que en la superficie terrestre atrasen y al ponerlos en órbita funcionen bien, pero no se consigue totalmente debido a efectos relativistas. Todos los coeficientes se envían al usuario a través del mensaje de navegación y así la corrección de esta fuente de error es casi total. (Del Pozo Domínguez, 1998)

IV.1.5. Errores en la medición.

La precisión final que se obtiene en la determinación de la posición y tiempo está determinada por dos factores muy importantes:

- a) El error de las medidas de pseudodistancia de cada satélite. Se produce por:
 - La estabilidad del reloj de cada satélite.
 - La predictibilidad de la órbita del satélite.
 - Errores en el mensaje de navegación. Como parte de estos errores se incluye la Disponibilidad Selectiva. La veremos con más detalle más adelante.
 - Errores en la propagación de la señal por la atmósfera.
 - Errores en los ajustes del procesador del receptor.

- b) La geometría relativa satélites – receptor. Se trata de la DOP (“Dilution of Precision”). Depende de la geometría de los satélites, desde la posición del usuario, en el momento del cálculo de la posición. No es lo mismo que los 4 satélites estén muy separados (mejor precisión, es decir baja DOP) que los satélites estén más próximos (menor precisión, valor alto de DOP). El DOP se divide en varios términos (Krüger et al, 1994).
 - PDOP: Posición en las tres dimensiones, sin tiempo. Incertidumbre en la posición debido únicamente a la posición geométrica de los satélites.
 - HDOP (Horizontal), incertidumbre en la posición horizontal.
 - VDOP (Vertical), suministra una información sobre la incertidumbre en la posición vertical del usuario.

- GDOP (DOP Geométrico), suministra una incertidumbre como consecuencia de la posición geométrica de los satélites y de la precisión temporal.

IV.1.6. Precisión del Sistema G.P.S.

El Sistema GPS es muy fiable. En el caso de observaciones en los que el receptor se ha situado durante suficiente tiempo en los puntos que se desean determinar, se han conseguido precisiones mayores del 99% (Krüger et al, 1994).

Es importante la capacidad que tenga un sistema de navegación para informar a los usuarios de sus propios errores en la señal emitida. Esto es lo que se conoce como integridad del sistema.

Hasta el 1 de mayo de 2.000 existió la “disponibilidad selectiva”, (SA, “Selective Availability”). En dicha fecha fue eliminada por el Gobierno de Estados Unidos.

La SA permitía la introducción de errores intencionados en la señal, junto con parámetros de corrección encriptados, para permitir a ciertos usuarios eliminar el efecto de dichos errores. No olvidemos el origen militar del Sistema GPS. Junto a la SA existe el “Anti-Spoofing”, que permite encriptar parte del código P dentro de la señal GPS y se emplea en el entorno militar para evitar interferencias intencionadas de un posible enemigo.

Debido a la SA, la precisión de los receptores civiles, antes de 1 de mayo de 2.000, podía oscilar en torno a 100 metros. Para mejorar la precisión surgió la técnica del GPS en modo diferencial: DGPS. La SA afectaba en posicionamientos absolutos, ya que no se puede saber la posición correcta, sin embargo en posiciones diferenciales afecta a la posición, pero no a la precisión, ya que la posición relativa de un punto respecto a una referencia (sus incrementos de coordenadas Δx , Δy , Δz) no está afectada por este error.

El fundamento radica en el hecho de que los errores producidos por el sistema GPS afectan por igual (o de forma muy similar) a los receptores situados próximos entre si.

Supongamos que un receptor basándose en otras técnicas conoce muy bien su posición. Si este receptor recibe la posición dada por el sistema GPS será capaz de estimar los errores en la posición de los satélites, producidos por el sistema GPS, por lo que si este receptor transmite la corrección de errores a los receptores próximos a él, estos podrán corregir también los errores producidos por el sistema.

Con este sistema DGPS se pueden corregir en parte los errores debidos a la disponibilidad selectiva, propagación por la ionosfera – troposfera, errores en la posición del satélite (efemérides) y errores producidos por la deriva en el reloj del satélite.

Para utilizar el DGPS se necesitan dos receptores GPS. Uno de ellos actúa como estación de referencia, mientras que el otro será el equipo móvil con el cual el usuario se sitúa en los puntos cuyas coordenadas quiere conocer.

Tiene una cobertura de 200 km en torno a la estación fija o de referencia. Esta zona es donde los errores están fuertemente correlados.

La precisión aumenta considerablemente gracias al Sistema de Aumentación de Área Amplia (WAAS, de sus siglas en inglés Wide Area Augmentation System). Consta de una serie de estaciones diferenciales terrenas que están enlazadas entre sí para formar la red WAAS de los Estados Unidos. Las señales de los satélites GPS se reciben tanto por los usuarios como por las estaciones WAAS. Estas estaciones terrenas WAAS están localizadas en posiciones geográficas rigurosamente identificadas, pudiendo así determinar cualquier error en las señales GPS recibidas en esa posición geográfica. Cada estación en la red envía esta información a la estación maestra de WAAS donde se procesa. Se genera un mensaje de navegación y se envía a un satélite geoestacionario de comunicaciones a través de una estación terrena de enlace. Este mensaje se transmite por un satélite de comunicaciones en la frecuencia L1 y puede ser leído por los navegadores que soporten esta capacidad. El mensaje de navegación WAAS mejora la precisión de la señal GPS de 100 m a aproximadamente 7 m.

En Europa este mismo servicio se denominará EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) y en el Japón MSAS (MTSAT Satellite Based Augmentation System). Los tres sistemas tendrán unas prestaciones similares y serán totalmente compatibles e interoperables. Mediante su uso conjunto y con futuras extensiones, se espera poder llegar a proporcionar un servicio uniforme de navegación con cobertura mundial.

IV.1.7. Aplicaciones del Sistema GPS

Algunas de las muchas aplicaciones del GPS son las siguientes:

- a) Aplicaciones en la navegación.
- Navegación marítima: Su implantación ha sido muy rápida. Se piensa que en poco tiempo toda la navegación marítima se basará en GPS. El coste del sistema GPS es bajo (además los barcos no requieren receptores de gran calidad) y lo puede usar cualquier embarcación.
 - Navegación terrestre: En este caso hay dos mercados principales:
 - Automóviles. Integran el GPS y sistemas gráficos avanzados para proporcionar un sistema de guiado desde un punto de una ciudad a otro evitando atascos...
 - Receptores personales, excursiones en 4x4, como sistema de guiado para invidentes... La gran penetración de este sistema se debe al bajo coste de los receptores.
 - Transportes internacionales.
 - Redes de autobuses.
 - Policía.
 - Ambulancias.
 - Pruebas deportivas como en el caso del ciclismo, donde permite conocer en cada instante y en tiempo real el tiempo que saca un corredor a otro, la pendiente de una rampa de un puerto....
 - Navegación aérea
Debido a su mayor complejidad técnica su proceso de instalación ha sido más lento.

Además está generalizado el uso del radar. Pretende mejorar los actuales sistemas de gestión de vuelos.

b) Aplicaciones militares.

Como el GPS es un sistema desarrollado por el ejército, la difusión del GPS en este campo ha sido más rápido que en las aplicaciones civiles. Se emplea en la navegación militar (aeronaves, vehículos terrestres, barcos...) y para el posicionamiento de las tropas. Otra de las aplicaciones es el guiado de misiles.

c) Ciencias geográficas

Permite situar puntos con gran precisión. Se pueden construir mapas geográficos mucho más precisos, mejorando los que había hasta ahora.

d) Agricultura.

- Realización de mapas de cosecha.
- Abonado diferencial.
- Tratamientos fitosanitarios y control de malas hierbas localizados.
- Trazado de lindes.
- Seguimiento de los vehículos que realizan las labores y los tratamientos.
- Control de las subvenciones de la PAC.

e) Otras aplicaciones.

- Sincronización, pues el GPS ofrece una referencia temporal muy exacta. Lo usan algunos sistemas de transmisión... Para conseguir la referencia temporal sólo se necesita un satélite, es muy barato.
- Defensa civil, para la localización y delimitación de zonas afectadas por grandes catástrofes y guiado de vehículos de auxilio.

Conforme el precio de los receptores GPS ha ido descendiendo, se ha extendido su aplicación. Esta tendencia continuará en los próximos años.

f) Limitaciones.

- La dependencia de un único país EE.UU. Concretamente del Departamento de Defensa.
- Dificultad en su uso en ciudades con edificios altos, así como en las vaguadas de zonas montañosas o con arboleda frondosa, debido a que no se recibe la señal de los satélites.
- La falta de integridad (capacidad del sistema para saber si está fallando) en tiempo real. Lo soluciona en parte el WAAS.
- La ausencia de responsabilidad civil en caso de fallo del sistema.

IV.2.- Los Sistemas de Información Geográfica.

IV.2.1 Historia

La mayor parte de las decisiones que se toman para establecer un desarrollo sostenible son intrínsecamente *multidisciplinarias*, porque requieren un balance entre las metas de los diversos sectores que están en conflicto. Sin embargo, la mayoría de las agencias encargadas del desarrollo de los recursos naturales están orientadas desde el punto de vista de un solo sector. La tecnología del sistema de información geográfica (SIG) puede ayudar a establecer la comunicación de varios sectores proporcionando no solamente las herramientas de gran alcance para el almacenaje y el análisis de datos espaciales y estadísticos multisectoriales, sino que también integra las bases de datos de los diversos sectores en un mismo formato, estructura y mapa en el Sistema de Información Geográfica, SIG (FAO, 1999).

La importancia de esta *metodología integrada* al desarrollo y a la gerencia de los recursos naturales se ha acentuado en muchos foros internacionales enfocados al desarrollo sostenible. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) de 1992 dedicó el capítulo 10 de su *Agenda 21* a este asunto, observando lo siguiente:

“... los requisitos humanos que se amplían y las *actividades económicas* están presionando cada vez más los recursos naturales (...). Si en el futuro, se desean satisfacer los requisitos humanos de una manera sostenible, es esencial resolver en este momento estos conflictos y crear un uso más eficaz y más eficiente de los recursos naturales. La integración de la planificación y la administración física y del uso del suelo es una manera eminentemente práctica para cumplir con estos objetivos. El examen de los usos del suelo de una manera integrada, permite minimizar los conflictos, crear un balance más eficiente e incorporar el *desarrollo social y económico* conjuntamente con la protección y el uso del medio ambiente, de esta manera, se alcanzarían los objetivos de un desarrollo sostenible”.

Durante los años 1960 y 1970 surgieron nuevas tendencias en la forma de utilizar los mapas para la *evaluación de recursos* y la planificación del uso de la tierra. Dándose cuenta de que los diferentes aspectos de la superficie de la tierra no eran independientes entre sí, se empezó a reconocer la necesidad de evaluarlos de una forma *integrada y multidisciplinaria*. Una manera de hacerlo era simplemente superponer copias transparentes de mapas de recursos sobre mesas iluminadas y buscar los puntos de coincidencia en los distintos mapas de los diferentes datos descriptivos.

A finales del decenio de 1970 la tecnología del uso de ordenadores progresó rápidamente en cartografía, y se perfeccionaron los sistemas informáticos para distintas aplicaciones cartográficas. Al mismo tiempo, se estaba avanzando en una serie de sectores conexos, entre ellos la edafología, la topografía, la fotogrametría y la telepercepción. En un principio, este rápido ritmo de desarrollo provocó una gran duplicación de esfuerzos en las distintas disciplinas conexas, pero a medida que se multiplicaban los sistemas y se adquiría experiencia, surgió la posibilidad de articular los distintos tipos de elaboración automatizada de datos espaciales, reuniéndolos en verdaderos sistemas de información geográfica para fines generales.

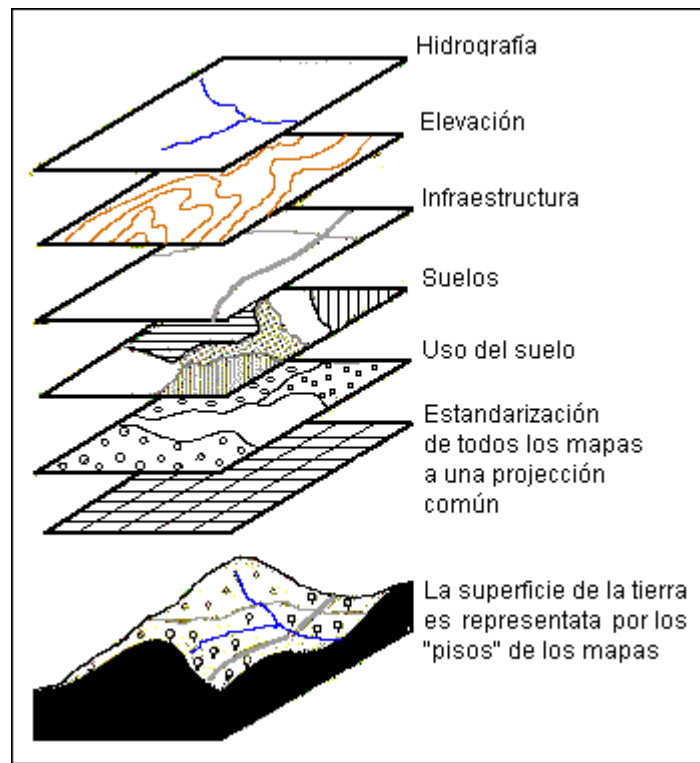
A principios del decenio de 1980, el SIG se había convertido en un sistema plenamente operativo, a medida que la tecnología de los ordenadores se perfeccionaba, se hacía menos costosa y gozaba de una mayor aceptación. Actualmente se están instalando rápidamente estos sistemas en los organismos públicos, los laboratorios de investigación, las instituciones académicas, la industria privada y las instalaciones militares y públicas (FAO, 1999).

IV.2.2 Conceptos básicos

En general, un *Sistema de Información* consiste en la unión de información y herramientas informáticas (programas) para su análisis con unos objetivos concretos. En el caso de los SIG, se asume que la información incluye la posición en el espacio (Alonso Sarría, 2000).

El término Sistema de Información Geográfica o SIG se aplica actualmente a los sistemas computerizados de almacenamiento, elaboración y recuperación de datos con equipo y programas específicamente designados para manejar los datos espaciales de referencia geográfica y los correspondientes datos cualitativos o atributos (FAO, 1999).

Figura IV.2 “CAPAS” DE UN S.I.G.



(Fuente: F.A.O., 1999)

En general la información espacial se representa en forma de “capas” (véase la Figura IV.2), en los que se describen la topografía, la disponibilidad de agua, los suelos, los bosques y praderas, el clima, la geología, la población, la propiedad de la tierra, los límites administrativos, la infraestructura (carreteras, vías férreas, sistemas de electricidad o de comunicaciones).

Aunque en sentido estricto no sería necesario, se han desarrollado un tipo específico de aplicaciones informáticas para el manejo de estos sistemas. Estos programas son lo que popularmente (y equivocadamente) se conoce como SIG (MapInfo, IDRISI, ArcInfo, GRASS, etc.), pero que realmente constituyen tan sólo un

componente de lo que es realmente un SIG. El software SIG es una valiosa herramienta —pero herramienta al fin y al cabo— y los mapas deben ser un resultado intermedio, como una herramienta adicional. El verdadero éxito de un SIG radica en su capacidad de Gestión

Según Alonso Sarría (2000), podríamos considerar, en sentido amplio, que un SIG está constituido por:

1. Bases de datos espaciales en las que la realidad se codifica mediante unos modelos de datos específicos.
2. Bases de datos temáticas cuya vinculación con la base de datos cartográfica permite asignar a cada punto, línea o área del territorio unos valores temáticos.
3. Conjunto de herramientas que permiten manejar estas bases de datos de forma útil para diversos propósitos de investigación, docencia o gestión.
4. Conjunto de ordenadores y periféricos de entrada y salida que constituyen el soporte físico del SIG. Estos incluyen tanto el programa de gestión de SIG como otros programas de apoyo.
5. Comunidad de usuarios que pueda demandar información espacial.

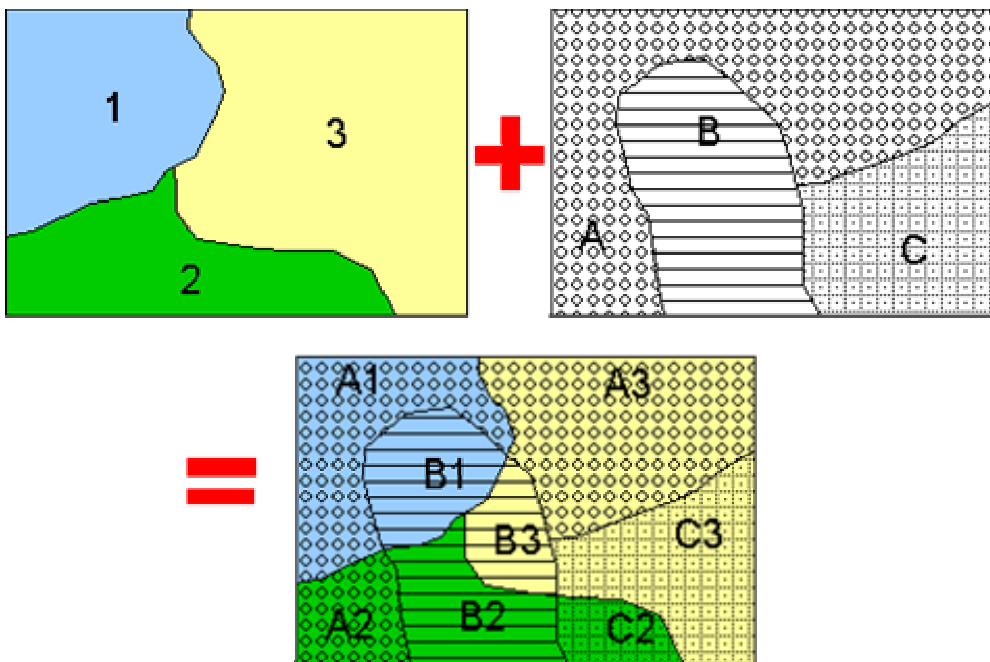
IV.2.2.1 Aspectos técnicos del SIG

Básicamente, el SIG permite obtener una gran cantidad de información de distinto tipo, tratarla para convertirla en conjuntos de datos compatibles, combinarlos y exponer los resultados sobre un mapa. Algunas de las operaciones estándar del SIG son:

- Integración de mapas trazados a escalas diferentes, o con proyecciones o leyendas distintas.
- Cambios de escala, proyecciones, leyenda, inscripciones, etc., en los mapas.
- Superposición de distintos tipos de mapas de una determinada zona para formar un nuevo mapa en el que se incluyen los datos descriptivos de cada uno de los mapas. Por ejemplo, un mapa de vegetación podría superponerse sobre un mapa de suelos, tal como aparece en la Figura IV.3. Éste a su vez podría colocarse sobre un mapa donde figure la duración del periodo vegetativo a fin de conseguir un mapa de idoneidad de la tierra para un determinado cultivo.

- Creación de zonas intermedias o próximas en torno a las líneas o polígonos de un mapa. Esta técnica se utiliza para buscar zonas a una distancia dada de las carreteras, ríos, etc., o de ciertas condiciones temáticas. Estas zonas intermedias pueden a su vez utilizarse como otra capa de superposición.
- Preguntas de carácter espacial e informativo a través de bases de datos

Figura IV.3 SUPERPOSICIÓN DE CAPAS



(Fuente: FAO, 1999)

En la Figura IV.3 podemos ver cómo funciona la superposición: Un mapa con tres polígonos (áreas) y 3 clases, por ej. 1, 2 y 3 se sobrepone con otro mapa con otros 3 polígonos y 3 clases A, B, y C. El resultado de la superposición consiste en 8 polígonos con los nombres: A1, A2, A3, B1, B2, B3, C2 y C3.

IV.2.2.2 Componentes principales del SIG

Los sistemas de información geográfica tienen tres componentes principales: a) los equipos, b) los programas informáticos, y c) los recursos humanos y la organización que hace que el sistema funcione.

a) Equipo usado por los SIG

Varios de los componentes del equipo del SIG son comunes a cualquier sistema computarizado de gestión de base de datos, como una unidad central de proceso (CPU), discos para almacenar datos y programas, cintas utilizadas para almacenar datos adicionales, pantalla de visualización y otras unidades periféricas para fines generales.

El SIG cuenta además con varios componentes especializados del equipo, entre ellos: un digitalizador o dispositivo de exploración, que se utiliza para convertir la información geográfica obtenida de los mapas en datos digitales y enviarla a la computadora; un trazador de gráficos para imprimir los mapas y otros gráficos del sistema; y una pantalla de visualización para gráficos en color (terminal) en la que el usuario puede realizar la edición y visualización de los datos espaciales.

b) Programas del SIG

Los principales componentes del programa del SIG están destinados a desempeñar las siguientes funciones:

- entrada de datos (digitalización e ingreso de los atributos utilizando un teclado);
- almacenamiento de datos y gestión de la base de datos;
- análisis y tratamiento de datos;
- interacción con el usuario (edición de gráficos/mapas); y
- salida y presentación de datos (representación gráfica).

La introducción de datos incluye la conversión de datos procedentes de los mapas, la observación sobre el terreno, las imágenes procesadas obtenidas mediante satélites y fotografías aéreas en datos digitales compatibles.

Hoy en día, la mayor parte de los SIG utilizan un sistema de digitalización manual para introducir en el sistema los datos de los mapas

Por otra parte, una vez digitalizado un mapa puede reproducirse y transformarse a voluntad (de la misma forma que un documento escrito puede editarse rápidamente o corregirse una vez introducido en un procesador de textos).

La calidad de los datos introducidos influirá en la calidad de los productos del SIG independientemente de lo perfeccionados que sean su equipo y su programa.

El almacenamiento y la gestión de la base de datos consisten en determinar la forma en que los datos han sido estructurados y el sistema de preguntas, análisis e informes de los atributos relacionados con las características sobre los mapas.

El procesamiento de datos abarca dos tipos de operaciones: la primera, consiste en preparar los datos eliminando los errores o actualizándolos, o bien haciéndolos compatibles con otro conjunto de datos; la segunda, en analizar los datos para dar respuestas a las preguntas que pueda formular el usuario al SIG. El procesamiento de datos puede referirse a los aspectos espaciales y no espaciales de la información, o a ambos. Las operaciones típicas de elaboración automatizada de datos incluyen la superposición de diferentes capas temáticas, la adquisición de información estadística sobre los atributos, el cambio de escala, la adaptación de los datos a las nuevas proyecciones, el cálculo de las superficies y los perímetros y la preparación de perspectivas tridimensionales.

c) Recursos humanos y organización

Cuando se describe un SIG se tiende a pensar en términos de equipos y programas como el sistema completo, descuidando tal vez el elemento más importante: las personas que hacen funcionar eficazmente todo el sistema.

Aunque puede parecer que el SIG es la bola de cristal del planificador de recursos, es evidente que, en la realidad, es algo menos que eso. Como sucede con cualquier sistema de ordenadores, la información producida solo tiene el valor de los datos introducidos previamente. Una información incorrecta o insuficiente introducida en el SIG produciría respuestas incorrectas o insuficientes, por muy perfeccionada o adaptada al usuario que pueda ser la tecnología.

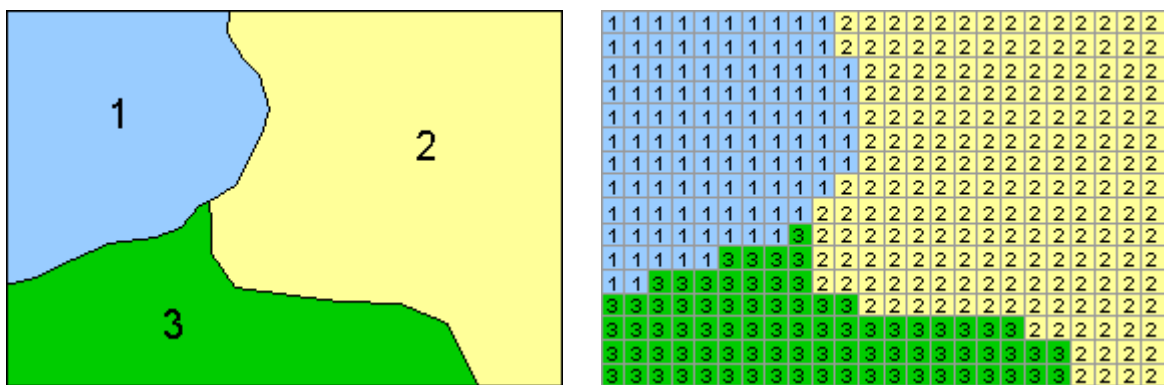
Al igual que en cualquier trabajo cartográfico, el acopio de datos y la introducción de los mismos en el sistema requieren una gran calidad de diseño y trabajo,

una capacitación intensiva y una comprobación frecuente para controlar la calidad. En otras palabras, además de contar con equipos y programas adecuados para realizar el trabajo, la utilización eficaz del SIG requiere contar con personal suficientemente capacitado, así como con servicios de planificación, organización y supervisión, que permitan mantener la calidad de los datos y la integridad del producto final.

IV.2.2.3. *Formatos o modelos de datos: Vectores y cuadrículas*

Los sistemas de información geográfica realizan la representación gráfica de un mapa de dos formas, como cuadrícula o en forma de vector.

Figura IV.4 FORMATO VECTORIAL Y CUADRÍCULA (RÁSTER).



(Fuente FAO, 1999)

En los sistemas a base de **vectores**, el trabajo lineal se representa mediante una serie de segmentos rectos llamados vectores. Las coordenadas X, Y del final de cada vector se digitalizan y se almacenan de forma explícita, y las conexiones se indican mediante la organización de los puntos en la base de datos. En los sistemas basados en **cuadrículas** o celdas, el mapa se representa en formato rectangular o en células rectangulares o cuadradas, a cada una de las cuales se le asigna un valor.

La mayoría de los SIG tienen la capacidad de transformar los datos a partir de un formato al otro.

Cada uno de los sistemas presenta sus ventajas y desventajas (FAO, 1999):

Tabla IV.1 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS MODELOS VECTORIALES Y RÁSTER

	Ventajas	Desventajas
Cuadrícula	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El tratamiento de los algoritmos es mucho más sencillo y simple de escribir que en los sistemas por vectores. ▪ Los sistemas de cuadrícula son más adecuados para las entradas en forma de retícula como es el caso de las imágenes digitales de telepercepción. ▪ Los sistemas reticulares son más compatibles con los dispositivos de salida de forma reticular como las impresoras de líneas y muchas terminales gráficas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Las necesidades de almacenamiento son mucho mayores que las de los sistemas vectoriales. ▪ La representación de un recurso depende del tamaño de la célula, y resulta especialmente difícil representar adecuadamente los rasgos lineales, como las líneas topográficas, las carreteras, las líneas férreas, etc., a menos que la cuadrícula sea pequeña. ▪ La mayor parte de los datos de entrada están digitalizados en forma de vector y deben ser trasladados a formato reticular para poder almacenarlos en un sistema de ese tipo.
Vector	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se necesita mucha menos capacidad de almacenamiento que en los sistemas reticulares. ▪ El mapa original puede representarse en su resolución original. ▪ Múltiples atributos pueden ser fácilmente representados. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los algoritmos para las funciones realizadas son más complejos y menos fiables que los de los sistemas reticulares. ▪ Los datos espaciales de variación continua (como las imágenes por satélites) no pueden ser representados en forma de vector, y hay que convertirlos al sistema reticular para procesar la información de ese tipo.

IV.2.3 Interpolación a partir de mapas de puntos e isolíneas

El proceso de *interpolación espacial* consiste en la estimación de los valores que alcanza una variable Z en un conjunto de puntos definidos por un par de coordenadas

(X, Y), partiendo de los que adopta Z en una muestra de puntos situados en el mismo área de estudio, la estimación de valores fuera del área de estudio se denomina *extrapolación*.

Lo más habitual es realizarlo a partir de medidas puntuales (variables climáticas, variables del suelo) o de isolíneas (curvas de nivel). Todos los métodos de interpolación se basan en la presunción lógica de que cuanto más cercanos estén dos puntos sobre la superficie terrestre más se parecerán, y por tanto los valores de cualquier variable cuantitativa que midamos en ellos serán más próximos. Para expresarlo más técnicamente, las variables espaciales muestran autocorrelación espacial (Alonso Sarría, 2000).

IV.2.3.1 Métodos de interpolación a partir de puntos

Los diferentes métodos de interpolación desarrollados pueden dividirse en dos tipos fundamentales:

1. *Métodos globales*, utilizan toda la muestra para calcular el valor en cada punto de estimación. Asumen la dependencia de la variable a interpolar de otras variables de apoyo.
2. *Métodos locales*, utilizan solo los puntos de muestreo más cercanos. Asumen autocorrelación espacial y estiman los valores de Z como una media ponderada de los valores de un conjunto de puntos de muestreo cercanos.

Evidentemente los puntos que formen parte del conjunto de interpolación serán los más cercanos al punto de interpolación, es necesario decidir cuál es la distancia máxima a partir de la cual no incluiremos más puntos y el número de puntos mínimo para llevar a cabo la interpolación con garantías.

La *función semivariograma*, herramienta fundamental de la geoestadística, puede constituir un método objetivo. Se trata de una función de la distancia entre dos puntos que hace corresponder a cada distancia un medio de la media de las diferencias

al cuadrado de los puntos situados a esa distancia. Si se representa gráficamente esta función obtenemos un *semivariograma experimental*.

$$\gamma(h) = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (Z_{i,1} - Z_{i,2})^2}{2n_h}$$

Donde n_h es el número de pares de puntos situados a una distancia h , $Z_{i,1}$ y $Z_{i,2}$ los valores de Z en los dos puntos (situados a una distancia h) que constituyen el par i .

Un semivariograma experimental tiene diversas propiedades (Alonso Sarría, 2000):

- k (pepita) = Varianza en el origen. Resulta del componente aleatorio no correlacionado espacialmente que experimenta cualquier variable espacial.
- s (meseta) = Valor máximo que adopta el semivariograma para distancias elevadas más allá de las cuales no hay autocorrelación espacial.
- r (rango o alcance) = Distancia a la que se alcanza la meseta. Puede asimilarse a la distancia más allá de la cual no deben incluirse puntos en el conjunto de interpolación.

IV.2.4 Aplicaciones de la tecnología del SIG

La utilidad final del SIG radica en su capacidad para elaborar modelos, es decir, construir modelos del mundo real a partir de las bases de datos digitales y utilizar esos modelos para simular el efecto de un proceso específico en el tiempo para un determinado escenario. La construcción de modelos constituye un instrumento muy eficaz para analizar las tendencias y determinar los factores que influyen en ellas, o para exponer las posibles consecuencias de las decisiones o proyectos de planificación que repercuten en la utilización y ordenación de los recursos.

En el ámbito nacional y local, las posibles aplicaciones del SIG son casi infinitas. Por ejemplo, los mapas de terreno pueden combinarse con mapas hidrológicos y datos climatológicos para producir mapas donde figure la idoneidad de la tierra para distintos tipos o intensidades de usos, o para cultivos específicos. También pueden

superponerse bases de datos con información sobre propiedad de la tierra, infraestructura de transportes, disponibilidad de mano de obra y distancia del mercado para hacer más completa la información. Finalmente pueden añadirse datos demográficos y administrativos para obtener proyecciones sobre futuras hipótesis de oferta y demanda por región o país (FAO, 1999).

Como ejemplo del uso de los Sistemas de Información Geográficos en la planificación, gestión y toma de decisiones, podemos citar el estudio realizado en el ámbito de influencia de la Denominación de Origen Sierra Mágina (Gallego y Guzmán, 2001), la zonificación agro-ecológica y económica de una cuenca hidrográfica en Brasil (IAPAR, 1998) y la puesta a punto de un sistema de decisión para la planificación rural en el Reino Unido, con especial interés en el estudio del impacto económico, social y ambiental (Matthews et al, 1999).

A medida que aumenta la presión sobre los recursos de tierras y aguas, se hace más imprescindible cada día poder evaluar correctamente la situación y las tendencias de los recursos. El SIG proporciona al encargado de adoptar decisiones un valioso instrumento de información en este sentido, y contestar a preguntas del tipo de:

- ¿Cuáles son los emplazamientos y las superficies de las zonas dentro de una determinada unidad administrativa que satisfacen un conjunto dado de condiciones?
- ¿Dónde debería situarse una determinada instalación para la elaboración de alimentos?
- ¿Qué materias primas o mercados se encuentran en un radio de 300 Km del lugar?
- ¿Cuáles son y donde están los medios de transporte y los sistemas de energía disponibles?
- ¿Qué efecto se producirá en los insumos de la explotación situada en la zona H, si la cantidad de tierra destinada al cultivo 1 se reduce en un 20% el próximo bienio?

Un Sistema de Información Geográfica es una herramienta que permite la integración de bases de datos espaciales junto con diversas técnicas de análisis de datos. Por tanto cualquier actividad relacionada con el espacio, puede beneficiarse del trabajo con SIG. Entre las aplicaciones más usuales destacan (Alonso Sarría, 2000):

- Científicas
 - Ciencias medioambientales y relacionadas con el espacio
 - Desarrollo de modelos empíricos
 - Modelización cartográfica
 - Modelos dinámicos
 - Teledetección

- Gestión
 - Cartografía automática
 - Información pública, catastro
 - Planificación física
 - Ordenación territorial
 - Planificación urbana
 - Estudios de impacto ambiental
 - Evaluación de recursos
 - Seguimiento de actuaciones

- Empresarial
 - Marketing
 - Estrategias de distribución
 - Planificación de transportes
 - Localización óptima

Entre las aplicaciones de los SIG, según la FAO (1999), cabe citar:

- Planificación de recursos agrícolas.
- Optimizar las operaciones pesqueras, tales como establecer una distancia idónea entre zonas pesqueras y los mercados.
- Estudio de la aplicación de la acuicultura en determinadas zonas.
- Lucha contra la deforestación.
- Estudio de la importancia económica de la agricultura en cada país, y su relación con la producción de alimentos; por ello el Departamento Económico y Social de la FAO utiliza los Sistemas de Información Geográficos.

IV.3.- La Agricultura de Precisión.

IV.3.1. Concepto de Agricultura de Precisión

La producción agrícola se ha beneficiado de los avances conseguidos en otras áreas del conocimiento humano. Así, la Revolución Industrial facilitó la mecanización y la síntesis de fertilizantes. El desarrollo tecnológico del siglo XX y principios del siglo XXI ha ofrecido la ingeniería genética y la automatización. La sociedad de la información ofrece la integración de los avances tecnológicos en la Agricultura de Precisión.

El término Agricultura de Precisión (AP) se utiliza para referirse al manejo de los campos agrícolas de forma individualizada y específica. En la práctica se resume en “hacer lo correcto”, en “el lugar adecuado” y en “el momento preciso”, de forma automática, utilizando sensores, ordenadores y otros equipos electrónicos (Lowenberg, 2001).

A primera vista, podría parecer que se trata de utilizar satélites, sofisticados sensores ópticos, potentes ordenadores y mapas para hacer el mismo trabajo que nuestro abuelo conseguía con su experiencia, conocimiento de la finca y sentido común. Sin embargo su aplicación se está extendiendo por todo el mundo. ¿Cómo explicarlo?

Antes de la mecanización de la agricultura, la reducida dimensión de las explotaciones agrícolas, y/o la abundancia de mano de obra, permitía a los agricultores realizar los tratamientos manualmente. Sin embargo, con el aumento de la dimensión de las explotaciones, la mecanización y la especialización de los trabajos agrícolas ha ido aumentando la dificultad de tener en cuenta la variabilidad de una finca a la hora de su manejo (Stafford, 2000).

La aplicación de la AP busca reorganizar completamente el sistema agrario, dirigiéndolo hacia una agricultura de bajos insumos, alta eficiencia y sostenibilidad

(Shibusawa¹, 1998). Este cambio es posible gracias a la aparición de nuevas tecnologías, las cuales cuando se aplican conjuntamente, de forma coordinada, logran unos beneficios indudables. Estas técnicas incluyen el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), los Sistemas de Información Geográficos (SIG), la miniaturización de los componentes electrónicos de los ordenadores, el control automático y por control remoto de maquinaria.

IV.3.2. Inicio de la Agricultura de Precisión

Según indican Robert (1999) y Stafford (2000), probablemente la primera aplicación real de la agricultura de precisión fue el desarrollo de un sistema de mezcla y distribución de abono de forma diferencial a partir de los datos previos de análisis de suelos. Este sistema se probó en Estados Unidos a finales de la década de los 70 y principios de los 80, y fue descrita por D. Fairchild en 1988.

Aunque algunos autores como Bongiovanni (2002) y Stafford (2000) citan que Linsley y Bauer ya recomendaban en el año 1929 la realización de toma de muestras del suelo y la aplicación de fertilizantes de forma diferencial, realmente no se puede hablar de Agricultura de Precisión hasta que se desarrolló un sistema que permitiera conocer la posición (latitud, longitud y altitud) en cualquier punto de la Tierra, las 24 horas del día, con un error de pocos centímetros. Nos referimos al Sistema de Posicionamiento Global, G.P.S.

En la década de los 90, gracias al desarrollo de la tecnología G.P.S., cuya constelación de satélites ya estaba completa, y los receptores para los usuarios civiles estaban disponibles en el mercado, se realizaron trabajos de investigación para aplicar estas técnicas a la agricultura. (Gehue, 1994; Stafford & Ambler, 1994). Entre las primeras aplicaciones que empezaron a estudiarse estaban la aplicación selectiva de fertilizantes, la aplicación de herbicidas y la realización de mapas de cosecha.

¹ Citado por Zhang et al. (2002)

IV.3.3. Revisión bibliográfica de la variabilidad espacial y temporal

Los factores que tienen una influencia significativa en la variabilidad de la producción agrícola se pueden dividir en seis categorías (Zhang et al., 2002):

IV.3.3.1. Variabilidad de cosechas

Se pueden hacer mapas con la diferente distribución de las cosechas pasadas.

Así están los estudios de realización de mapas de cosecha mediante el uso de sensores y la instalación de un receptor GPS en la cosechadora de cereales en Alemania (Auernhammer, H. et al., 1994); trigo en Bélgica (Delcourt and De Baerdemaeker, 1994); cebada en Bélgica, guisantes en Francia y trigo en Holanda (Missoten et al., 1996); patata en Suecia (Persson, A.; 1998); una primera aproximación para realizar mapas de cosecha en cítricos en Florida (Whitney et al, 1998); el estudio de mapas de cosecha para determinar la fertilización con nitrógeno en cultivos cerealistas de Alemania (Lütticken, R. et al, 1997).

Podemos destacar la integración de los mapas de las cosechas, obtenidas en años sucesivos, en una explotación de cereales del Reino Unido, para estudiar tanto la variación espacial como la variación temporal, gracias al empleo de un Sistema de Información Geográfico (Swindell, J.E.G., 1997), así como una Tesis Doctoral que ha tomado como base la realización de mapas de cosecha durante años sucesivos en Inglaterra (Blackmore, 2003).

IV.3.3.2. Variabilidad del terreno

La pendiente y la posibilidad de sufrir erosión de cada parte de la finca son factores que influyen, junto con otros, en el nivel productivo (Francis & Schepers, 1997); también se ha estudiado la relación entre los mapas de cosechas y las características tanto topográficas, como edáficas y de disponibilidad de agua (Sudduth et al, 1998).

Para estudiar la variabilidad espacial que presenta el terreno, se debe realizar un modelo digital del mismo. Antes se convertía en una labor muy ardua, pero ahora, gracias al empleo de equipos GPS de alta resolución, se pueden obtener con un coste razonable (Stafford, 2000).

IV.3.3.3. Variabilidad del suelo

La fertilidad del suelo depende de la disponibilidad de nutrientes: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), cobre (Cu), ... Así como de las propiedades físicas, tales como textura, estructura, capacidad de retención de agua, contenido en sales y conductividad eléctrica, profundidad del suelo, etc. y de propiedades químicas, tales como el pH, capacidad de intercambio catiónico, etc.

El número óptimo de muestras de suelo necesarias para obtener datos representativos del contenido de potasio, fósforo y magnesio fue estudiado en Inglaterra (Oliver, M.A. et al., 1997); así como el fósforo y la materia orgánica en EE.UU. (Francis & Schepers, 1997; Schepers & Schlemmer, 1998).

La variabilidad del suelo y de la dinámica del nitrógeno en los cultivos de trigo y colza fue estudiada en el Reino Unido (Dampney and Goodlass, 1997); la del nitrógeno en maíz en EE.UU. (Hergert and Ferguson, 1997); la del fósforo en el cultivo de trigo, mediante muestras de suelo referenciadas con GPS en Bélgica (Delcourt and De Baerdemaeker, 1994); la variabilidad espacial de los nutrientes presentes en el suelo en China (Jin and Jiang, 2002).

En el cultivo de arroz se han realizado mapas de suelo en Japón, con datos de la humedad, contenido de nitrato, pH y la conductividad eléctrica (Shibusawa, 2002).

IV.3.3.4. Variabilidad del cultivo

Densidad de siembra o de plantación, resistencia al estrés hídrico, índice de área foliar, contenido de clorofila de las hojas, calidad del grano de los cereales, etc.

Como ejemplo podemos citar el estudio de la variabilidad espacial del peso de tubérculos de patata en una finca (Persson, A.; 1998); del contenido de humedad de los granos de cereal (Sanaei & Yule, 1996). También fueron estudiadas en EE.UU. las medidas del desarrollo del cultivo del algodón, la fisiología de las plantas y la calidad de la fibra (Sassenrath-Cole et al, 1998).

IV.3.3.5. Variabilidad de factores limitantes

Aquí se incluyen la infestación de malas hierbas, el ataque de plagas de insectos, infestación de nematodos, ataque de enfermedades, daños producidos por el viento, ...

Estos estudios pueden permitir realizar tratamientos selectivos únicamente en las zonas en las que se supere el umbral de tratamiento (Paice & Day, 1997). Así tenemos el estudio de los rodales de malas hierbas en una finca, georreferenciados con GPS, y la generación de mapas de malas hierbas en un Sistema de Información Geográfico en Alemania (Nordmeyer et al., 1997); o la predicción de ataques de la enfermedad de Stewart en maíz, a partir de datos referenciados geoespacialmente en un SIG, en el Cinturón del Maíz norteamericano (Nutter et al, 2002)

IV.3.3.6. Variabilidad del manejo

Influyen en la producción agrícola las prácticas culturales, dosis de siembra, rotación de cultivos, aplicación de fertilizantes y pesticidas, tipo de riego, etc.

Los trabajos más numerosos se refieren a la aplicación de fertilizantes, como: fertilización diferencial a partir de análisis de suelo en Hungría (Fekete et al., 1996); control de la aplicación de fertilizantes nitrogenados, teniendo en cuenta análisis de suelo, las condiciones de cultivo y la cosecha esperada, utilizando métodos geoestadísticos de interpolación en Holanda (Goense, D., 1996); la fertilización de parcelas de trigo con nitrógeno y fósforo, partiendo de datos de análisis de suelo y mapas de cosecha en EE.UU. (Mulla & Bhatti, 1997) y la fertilización diferencial con dosis variable de fósforo y potasio en EE.UU. (Roberts, 2000).

También podemos citar el desarrollo de sistemas precisos de pulverización para tratamientos fitosanitarios en Italia (Balsari, y Tamagnone, 1997); la aplicación de herbicidas a partir de mapas de malas hierbas (Tian, L., 2002); control de la posición de la maquinaria en Alemania (Hellebrand and Beuche, 1996); o Italia (Mazzetto, F., 1996); guiado automático de un tractor con GPS en EE.UU. (Larsen, W.E. et al, 1994); estudio de la precisión en la aplicación de fertilizantes y pesticidas usando GPS (Schueller & Wang, 1994); aplicación diferencial de dosis de siembra, fertilizantes y productos fitosanitarios, en zonas heterogéneas definidas a partir de mapas de cosecha, fotografías aéreas y muestreos de suelo en Alemania (Jürschik et al., 1996);

IV.3.4. Adopción de la Agricultura de Precisión

La investigación relacionada con la Agricultura de Precisión (AP) comenzó a desarrollarse en la segunda mitad de los años 80 en EE.UU., Canadá, Australia y Europa Occidental. Aunque en estos países se ha realizado un esfuerzo investigador, sólo una parte pequeña de los agricultores han adoptado alguna de las técnicas propias de la AP, como la instalación de receptores GPS en la maquinaria. Hasta el día de hoy la principal aplicación de la AP es la fertilización diferencial de las diferentes zonas de una misma explotación. (Zhang et al, 2002).

Después de más de una década de desarrollo, la AP ha avanzado en la integración de diferentes técnicas, pero aún no están totalmente probados los beneficios económicos y ambientales que genera (Stafford, 2000). Las razones para la adopción de esta tecnología pueden provenir de que: a) la legislación en materia de medio ambiente es cada vez más estricta, b) la preocupación por el uso excesivo de productos agroquímicos, y c) de las ventajas económicas de la reducción de insumos y de la mejora en la eficiencia del manejo de las explotaciones.

Después de todo, el éxito de la AP dependerá de sus ventajas para la economía de los agricultores y para el medio ambiente (Zhang, N. et al., 2002).

Aunque la mayoría de los trabajos realizados en la AP se enmarcan dentro de la VRT (“Variable Rate Technology”), es decir, la Tecnología de Dosis Variable relativa a la aplicación de fertilizantes y herbicidas, diversas posibilidades de la AP han sido estudiadas en todo el mundo. Así, podemos encontrar experimentos en China, Corea, Indonesia, Bangladesh, Sri Lanka, Turquía, Arabia Saudí, Australia, Brasil, Argentina, Chile, Uruguay, Rusia, Italia, Holanda, Alemania, Francia, Reino Unido, Estados Unidos y Canadá (Zhang et al, 2002).

Como ya hemos indicado, las investigaciones para el desarrollo y puesta a punto de la Agricultura de Precisión comenzaron a desarrollarse en los cultivos cerealistas de Estados Unidos (Mulla y Bhatti, 1997), Canadá (Gehue, 1994), Reino Unido (Dampney y Goodlass, 1997) y Alemania (Lütticken et al., 1997).

En España, podemos citar la estimación de cosechas de cereales, a partir de imágenes de satélites y datos meteorológicos, utilizando un Sistema de Información Geográfico (Illera et al., 1998).

Zhang et al. (2002) citan investigaciones realizadas en fincas de cultivos herbáceos de cacahuetes, algodón, maíz, trigo, tomate, patata. También se está investigando en control de regadíos, mapas de nutrientes, distribución de plagas y enfermedades, control de malas hierbas.

La adopción de la AP ha sido más rápida en aquellos países donde la mano de obra es cara, y tanto la tierra como el capital relativamente baratos. La adquisición de los equipos necesarios se ve favorecida cuando el precio de los productos obtenidos es alto y el tipo de interés bancario es bajo (Swinton & Lowenberg-DeBoer, 2001).

Se cree que será más fácilmente introducida en aquellos lugares donde la utilización de los inputs sea relativamente eficiente, donde haya facilidad para obtener capital y sea difícil obtener mano de obra. Así, los países donde más pronto se difundirá son, en primer lugar, EE.UU., Canadá y Australia; mientras que en un segundo grupo están Argentina, Dinamarca, Reino Unido y Alemania (Swinton & Lowenberg-DeBoer, 2001).

En EE.UU. se ha estudiado la difusión de la Agricultura de Precisión entre los productores de maíz de ese país. El análisis de los datos indicó que los agricultores más propensos a adoptar las tecnologías relacionadas con la AP eran aquellos que poseían una superficie grande, tenían altos ingresos y esperaban buenas cosechas. También se observó que la adopción era significativamente mayor entre los agricultores menores de 50 años, que habían completado una educación secundaria o universitaria, su principal dedicación era la agricultura, atendían las recomendaciones de los técnicos y estaban acostumbrados a utilizar ordenadores (Daberkow & McBride, 1998).

También en EE.UU. se ha comprobado la rápida difusión de la utilización del GPS para guiar maquinaria agrícola. Así, en 1999 el 5% de esos vehículos en EE.UU. eran guiados por GPS, en el año 2000 se había incrementado hasta el 24%, y en la primavera de 2001 ya alcanzaban el 42% (Ess, 2002).

En Dinamarca, la adopción de la agricultura de precisión se ha visto ralentizada debido a que aunque los empresarios agrícolas que utilizan la AP están adquiriendo una gran cantidad de datos de sus explotaciones, aún tienen dificultades para interpretarlos y utilizarlos en el proceso de toma de decisiones. La explotación tipo que está utilizando la AP en Dinamarca tiene como media 372 ha, el titular tiene una edad comprendida entre 40 y 49 años, y las técnicas de AP que más emplea son los mapas de cosecha y la localización de toma de muestras del suelo (Sørensen et al , 2002).

Se están estudiando las posibilidades de difusión de la Agricultura de Precisión en diversos países. Así, en el caso de Argentina, hay una serie de factores que favorecen la adopción de la AP y otros que la dificultan (Bongiovanni, 2002). Entre los primeros están:

- A) Las explotaciones tienen grandes dimensiones y una aportación elevada de capital respecto a la mano de obra.
- B) Alto nivel educativo de la población, tanto en general como en el estrato de titulares de explotación.

- C) Gran parte de la tecnología puede ser importada directamente de los EE.UU., con muy ligeras adaptaciones, gracias a la semejanza entre las condiciones de producción agrícola del Cinturón del Maíz norteamericano y la Pampa.
- D) Los dueños de las explotaciones pueden conocer mejor la variabilidad de las mismas, así como controlar la calidad del trabajo de sus empleados.

Y entre los segundos cabe citar:

- a) Mayor coste de la inversión. Debido a la situación económica argentina, y a la devaluación del peso, las inversiones en equipos fabricados fuera del país resultan más caras.
- b) Mayor riesgo. La falta de créditos, el coste de la nueva tecnología y el riesgo inherente de toda innovación pueden desalentar a los productores argentinos. Al mismo tiempo, la baja inversión pública en infraestructuras —transporte, drenaje de zonas con riesgo de encharcamiento, poca investigación—, no ayudan a disminuir los riesgos de los agricultores.
- c) Bajo empleo de insumos. Muchos productores de la Pampa no emplean fertilizantes. En esa región tiene escaso interés el empleo de técnicas que consigan reducir su uso.
- d) Uso frecuente de empresas externas para la recolección.
- e) Faltan conocimientos para recomendar a una explotación concreta cómo se puede hacer mejor uso de los datos que le proporciona la AP.

La difusión de esta tecnología será mayor conforme se vayan superando las siguientes barreras (Zhang et al, 2002):

- 1) El manejo de gran cantidad de información. Este problema se está superando mediante el desarrollo de programas informáticos que integran los datos para facilitar la adopción de decisiones.
- 2) Ausencia de procedimientos racionales y de estrategias para determinar la actuación concreta que se debe seguir. Por ello es necesaria la puesta a punto de esta metodología en cada zona.
- 3) El coste de la recolección de los datos. El desarrollo de sensores más baratos y rápidos facilitará la expansión de la AP.

- 4) Deficiencias de personal y medios para la transferencia de tecnología. Se necesita el desarrollo de programas divulgativos que tengan en cuenta a los investigadores, fabricantes, técnicos de extensión agraria y a los propios agricultores.

En cambio poco se ha hecho para aplicar la Agricultura de Precisión en cultivos perennes, con la excepción de alguna aproximación teórica sobre las ventajas potenciales de su uso (Emmott et al., 1997), el empleo en cítricos en Florida (Whitney et al., 1998; Schueller et al., 1999), en una plantación de banana en Costa Rica (Stoorvogel and Orlich¹, 2000), de palmera datilera en Irán y Arabia Saudí (Al-Suhaibani² et al., 1992; Shamsi², 1999) y una plantación de vid en Australia (Cook & Bramley, 2001).

A pesar de la importancia del olivar, en este cultivo no se ha desarrollado la Agricultura de Precisión. Se pueden citar como pioneros los trabajos de Alcalá Jiménez et al. (1998 a, 1998 b). Sí ha habido estudios de tipo agronómico y una concienciación de la importancia que puede adquirir la gestión de diferente información mediante un S.I.G. (Gallego et al., 2001), así como estudios de los costes de cultivo, desde algunos ya clásicos (Guerrero, 1988), hasta otros más recientes y con una metodología más desarrollada (Sánchez Jiménez, 1999).

IV.3.5. Beneficios económicos de la Agricultura de Precisión

La adopción de la AP en la producción agrícola probablemente dependerá de su impacto en dos áreas: en la rentabilidad para los productores y en los beneficios ecológicos y ambientales para el conjunto de la sociedad

IV.3.5.1 **Rentabilidad.**

Para probar que la agricultura de precisión es rentable, es necesario que el problema sea abordado por un equipo interdisciplinar, formado por Ingenieros que

¹ Citado por Zhang et al (2002)

² Citados por Blackmore (2003)

desarrollen la tecnología, Agrónomos que conozcan los cultivos y que discernan cuales son los datos que se precisan, y Economistas que utilicen la información para mejorar los beneficios y reducir los riesgos (Ess, 2002).

La AP permite conocer mejor la explotación, proporcionando al empresario agrícola la oportunidad de cambiar la distribución y la época de aplicación de los fertilizantes y otros productos agroquímicos, basándose en la variabilidad espacial y temporal del campo. Los productores pueden tomar decisiones basándose en el análisis económico de la variabilidad de las cosechas. Así un agricultor podría comprobar que el 70% de los años, el 75% de la cebada que cultiva en esa explotación produce más de 3,8 toneladas / hectárea. Conociendo el coste de los inputs, podría calcular la ganancia que espera (Goddard, 1997).

Las bases de datos agrícolas necesitan varios años para ser fiables. Por ejemplo, debido a la variabilidad del clima, para tener información precisa del potencial de cosecha se necesitan los datos de varias campañas. Igualmente, la toma de datos de fertilidad en los mismos puntos durante varios años, permite conocer el gradiente de fertilidad de la finca. (Lowenberg-DeBoer, 1996).

Lambert & Lowenberg-DeBoer (2000) realizaron una revisión bibliográfica de 108 estudios relativos a la agricultura de precisión. Así, encontraron que:

- El 69% de los estudios indicaban unos beneficios económicos.
- El 12% reflejaban pérdidas.
- El 19% indicaban unos resultados mixtos (resultados positivos que deben ser contrastados con otros años de experimentación).

De los 108 documentos revisados, 62 habían sido escritos por economistas. Los resultados obtenidos en estos trabajos fueron:

- El 73% tuvo beneficios.
- El 16% tuvo resultados negativos.
- El 11% tuvo resultados mixtos.

Tabla IV.2 ESTUDIOS DE RENTABILIDAD DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN.

Autor Economista	Trabajos revisados (%)	Resultado (%)		
		Positivo	Mixto	Negativo
Sí	57% (62)	73% (45)	11% (7)	16% (10)
No	43% (46)	65% (30)	28% (13)	7% (3)
Total	100% (108)	69% (75)	19% (20)	12% (13)

Elaborado a partir de Lambert & Lowenberg-DeBoer (2000); entre paréntesis está el número de artículos.

De todas formas, es difícil cuantificar el beneficio económico resultante de la aplicación de la Agricultura de Precisión. Las variaciones de cosecha en una finca, cuando comparamos tratamientos uniformes con otros específicos, pueden deberse en parte a las diferencias de suelo o del microclima. En los trabajos realizados hasta ahora, la AP resulta claramente rentable en cultivos de alto valor, tales como hortalizas, patatas y semillas; y los beneficios futuros dependerán de la adecuada integración entre los programas informáticos de toma de decisiones y la experiencia acumulada de los gestores de las explotaciones agrícolas (Lowenberg-DeBoer, 1996).

Respecto a los cultivos leñosos, Emmott et al. (1997), proponen la realización de mapas de cosecha y estudios económicos que incluyan mapas de márgenes brutos, para conseguir aumentar el beneficio mediante una reducción de los costes y/o un aumento de la producción, gracias a la mayor eficiencia de la aplicación de los inputs.

Se continúan haciendo estudios sobre la adopción de la AP y de su rentabilidad; así ha comenzado uno en Ohio, EE.UU. (Batte et al., 2003); y el instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina está realizando los primeros ensayos del manejo específico de fertilización en maíz y trigo, estudiando las variaciones en los ingresos y los costes (Bragachini, 2001). Otros autores están investigando en la utilidad de realizar mapas de margen bruto de una finca para la toma de decisiones (Blackmore, 2000).

La Historia nos enseña que la mayoría de los beneficios provenientes de las nuevas tecnologías las reciben los empresarios que primero las adoptan. Aquellos que se retrasan a menudo se ven forzados a abandonar la actividad. Se espera que la AP siga la

misma pauta. Aquellos que acumulen los datos y la experiencia ahora estarán preparados para aplicar las mejoras que esta tecnología está desarrollando (Lowenberg-DeBoer, 1996).

IV.3.5.2 *Medio ambiente*

La Agricultura de Precisión aumentará su importancia cuando la sociedad perciba beneficios adicionales, tales como una reducción del impacto en el medio ambiente (Auernhammer, 2001).

Hace unos años se comenzó a proponer la utilización de la AP en Alemania, para conseguir un menor empleo de fertilizantes minerales, especialmente el Nitrógeno, en aras de disminuir la contaminación de las aguas subterráneas (Jahns, 1996). Igualmente, en el Reino Unido, se indicaba que no sólo había que pensar en que el desarrollo de la AP podría conseguir un aumento de la rentabilidad de la agricultura, sino, más bien, una reducción en el uso de energía y una menor contaminación del agua y del aire (Leiva et al., 1997).

Cada vez mayor número de países tienen una legislación ambiental más estricta. Así sucede, por ejemplo, en EE.UU., Australia, Reino Unido, Dinamarca y Alemania. En un futuro cercano, las Directivas de la Unión Europea pueden ir forzando a los agricultores de los países miembro a reducir de forma significativa el uso de agroquímicos. La AP proporciona los medios para una aplicación precisa y dirigida, quedando registrados todos los tratamientos de campo a una escala métrica, permitiendo seguir la trayectoria de cada operación, y transfiriendo al agricultor la información obtenida al cosechar (Stafford, 2000).

Se están realizando estudios para contribuir a la mejora de la producción de los cultivos y de la producción ganadera, persiguiendo la máxima calidad del producto, el respeto al medio ambiente y el bienestar de la gente y del ganado, aplicando la agricultura de precisión. Así se puede usar para realizar un seguimiento de los animales dentro y fuera de la explotación, mediante transmisores que emiten una señal, para asegurar una trazabilidad de los mismos y ayudar a controlar las epidemias (Cox, 2002).

En España destacan los esfuerzos para conseguir mejorar los sistemas de prevención y extinción de incendios forestales, utilizando imágenes de satélites y datos meteorológicos (Fernández Unzueta et al., 1998); así como para la regeneración del área afectada (Navarro Cerrillo et al., 2000).

Aunque los beneficios para el medio ambiente no se han medido y cuantificado de forma sistemática (Lowenberg-DeBoer, 1996), algunas investigaciones han revelado evidencias positivas. La lixiviación de nitrógeno es un grave problema, especialmente cuando los suelos son de textura arenosa. Un estudio comparativo entre dos parcelas adyacentes, cultivadas de patatas, una de las cuales fue fertilizada con nitrógeno uniformemente, y la otra con dosis variable (VRT), demostró los efectos beneficiosos de la aplicación variable de nitrógeno para reducir la contaminación por nitratos de aguas subterráneas (Whitley¹ et al., 2000).

Podemos concluir, que la Agricultura de Precisión consiste en el manejo de la variabilidad de una explotación, para mejorar el beneficio económico y reducir el impacto ambiental (Blackmore, 2002).

¹ Citado por Zhang et al (2002).

MATERIAL Y MÉTODOS

CAPÍTULO V
ELECCIÓN, LOCALIZACIÓN Y
DESCRIPCIÓN DE LA FINCA

V. ELECCIÓN, LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA FINCA.

V.1. Elección de la explotación

Para la elección de la explotación se tuvo en cuenta que la superficie de olivar cultivada en Andalucía se concentra fundamentalmente en el centro y nordeste de la comunidad autónoma, siendo Jaén y Córdoba, por este orden, las principales provincias olivareras, ya que concentran el 61,8% de olivar de Andalucía. En la mayor parte de Jaén, sur de Córdoba, noroeste de Granada, norte de Málaga y sudeste de Sevilla la superficie de olivar contabiliza más del 50% de la superficie de la mayoría de los municipios, en muchos de los cuales el olivar es prácticamente un monocultivo (CAP, 2003).

En el período 1996/99, el 94,3% de la producción de aceituna de Andalucía se destinó a la producción de aceite de oliva. Dicha producción se concentró principalmente en las provincias de Jaén, en primer lugar, y Córdoba (CAP, 2003).

Debido a lo anteriormente expuesto, era necesario escoger una explotación de olivar situada en la provincia de Jaén, en un término municipal donde la superficie de este cultivo supusiera más del 50% de la superficie total, y que el destino de la aceituna fuera la producción de aceite.

Otras variables que caracterizan el olivar andaluz, según la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía (CAP, 2003), son:

1.- *Clase agrológica*. La mayor parte del cultivo de olivar corresponde a suelos encuadrados en la clase agrológica III. Esto significa que se trata de suelos con ciertas limitaciones pero en los que es factible aplicar sistemas de laboreo permanente o de cualquier otro tipo. Entre estos podemos incluir los suelos de campiña.

2.- *Pluviometría.* La mayor parte del olivar andaluz recibió una precipitación comprendida entre 800 y 900 mm de lluvia en el período comprendido entre el 1 de octubre de 1997 y el 30 de septiembre de 1998. En la finca que se escogió como modelo para el presente estudio, la precipitación fue de 817,6 mm de lluvia en el citado período. Ver datos meteorológicos en el Anexo 1.

3.- *Tamaño medio de la explotación.* Tal y como advierte la Consejería de Agricultura y Pesca, la fuente de información empleada para definir esta variable fue de carácter institucional o administrativo, no habiendo sido diseñada para realizar estudios de caracterización productiva o socioeconómica. Por otra parte, la realidad ya descrita en el Capítulo II.4.1. de esta Tesis Doctoral, presenta un pequeño tamaño de la explotación de olivar jiennense y andaluz. Debido a que en la revisión bibliográfica de la adopción de la Agricultura de Precisión, véase el Capítulo II.3.4., se reflejaba que esta técnica ha comenzado a adoptarse en explotaciones grandes, se optó por escoger una explotación de tipo medio, situada en el intervalo entre 25 y 50 hectáreas de tal forma que fuera representativa de la realidad.

4.- *Pendiente media.* En el estudio de la Consejería de Agricultura y Pesca se estableció la pendiente media como el valor medio de la pendiente del polígono catastral al que pertenece la subparcela oleícola. Esta variable tiene incidencia sobre la mayor parte de las labores de cultivo y, en especial, sobre la posibilidad de mecanización de la recolección, ya que pendientes elevadas pueden dificultar o incluso imposibilitar tanto las labores de cultivo como la mecanización de la recolección, incrementando además su coste.

Un efecto directamente relacionado con esta variable es la erosionabilidad. Los terrenos escarpados son más vulnerables a la erosión hídrica, por la sencilla razón de que los efectos erosivos debidos a las salpicaduras, esfuerzo cortante y transporte del agua de escorrentía, son mayores en pendientes pronunciadas. El efecto de la pendiente del terreno sobre la erosión aparece recogido en todos los modelos que pretenden cuantificar la pérdida de suelo en función de factores objetivos, y en particular en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, formulada por la USDA norteamericana.

La erosión es uno de los principales problemas de la olivicultura mediterránea. Provoca pérdidas de suelo fértil, que en algunos casos pueden dejar al descubierto las raíces de los árboles, así como la formación de cárcavas que dificultan o imposibilitan las prácticas de cultivo, con su consiguiente incidencia en un incremento de costes.

Las clases más frecuentes del olivar andaluz se encuentran en valores de pendiente comprendidos entre 8 y 16%.

Para el presente estudio se eligió una finca con pendientes suaves, comprendidas entre los valores antes mencionados, que no presenta problemas para la mecanización de las labores, y que, al mismo tiempo, se observan los efectos de la erosión en algunas zonas de la misma.

5.- *Grado de parcelación.* En el estudio de la CAP se define como el número de parcelas oleícolas por declaración de cultivo. Un elevado número de parcelas, sobre todo si están distanciadas entre sí, dificulta las labores de cultivo y la gestión de la explotación. Se observa que la mayoría de las declaraciones de olivar tienen 1 ó 2 parcelas.

Por otra parte, según se describió en el Capítulo II.4.1., —véase la Tabla II.5—, el 49,12% de las explotaciones tienen de 2 a 5 parcelas (INE, 1999).

En vista de lo anterior se escogió una explotación con dos parcelas.

6.- *Variedad.* La variedad predominante en Andalucía es “Picual”, con 857.746 hectáreas cultivadas (52,8% de la superficie total), siendo también la variedad más extendida, destacando por su productividad y alto rendimiento graso. Su importancia en el olivar andaluz viene dada por el peso que tiene en las provincias de Jaén, donde supone casi la totalidad del olivar (98,6% de la superficie), Granada (69,3%) y Córdoba (39,8%).

Se escogió una finca de olivos de la variedad Picual.

7.- *Régimen de cultivo seco/regadío.* El olivo se ha cultivado tradicionalmente en seco. Se trata de un cultivo bien adaptado a las condiciones climáticas de Andalucía, soportando periodos de extrema sequía. Lógicamente, la producción aumenta considerablemente con la práctica del riego, ya que mientras que las producciones habituales de olivar tradicional de seco oscilan entre 2.000 y 5.000 kg/ha según zonas, la producción de olivares bien regados puede acercarse a los 15.000 kg/ha y año para aceituna de molino.

Según se describió en el Capítulo II.4., —véase la Tabla II.2—, el 77,8% de la superficie de olivar de Andalucía se encuentra bajo condiciones de seco.

Para el presente estudio se eligió una explotación de seco.

8.- *Densidad de plantación.* Se define como el número de olivos plantados (tanto productivos como improductivos) por unidad de superficie. Esta variable, unida al número de pies por árbol, está asociada a la eficiencia en la ocupación del medio y a la facilidad para la mecanización de la explotación. En Andalucía, la densidad de plantación tradicional oscila entre 70 y 80 olivos/ha, plantados generalmente con 3 pies por olivo, con lo que se consigue un número de pies por hectárea entre 210 y 240. Actualmente se tiende a realizar plantaciones densas, de 200 a 250 olivos/ha, con un solo pie por olivo, resultando por tanto el mismo número de pies por hectárea en ambos casos. Una diferencia fundamental entre ambos sistemas de plantación consiste en que las plantaciones a un pie presentan mayores posibilidades de mecanización para la recolección.

El olivar con densidades de plantación entre 70 y 120 olivos por hectárea ocupa la mayor parte de la superficie de olivar andaluz (45,4%), con 710.383 hectáreas.

La explotación elegida tiene una densidad de plantación 83 olivos por hectárea.

9.- *Número de pies por árbol.* Se define el número de pies por árbol como el número de pies, distantes entre sí menos de dos metros, de cada árbol. Esta variable está

relacionada con el grado de mecanización del olivar, y por tanto con los costes de cultivo.

El valor predominante de la variable es de tres pies por árbol, representado por una superficie de 599.111 hectáreas.

La explotación que se escogió tiene todos sus olivos con tres pies por árbol.

10.- Número de pies por hectárea. La mayor parte de la superficie del olivar andaluz se concentra entre 150 y 300 pies por hectárea. Esta superficie representa el 54% del total. El número de pies por unidad es un índice de la capacidad agrológica de los suelos para el cultivo del olivo. Este índice integra los dos anteriores. Por ello el número de pies por hectárea que se ha utilizado tradicionalmente en olivares plantados en su mayor parte con densidades de 70 a 80 olivos/ha y con tres pies converge con el correspondiente a las plantaciones intensivas en las que el número total de árboles se reparte por toda la superficie de la explotación mediante el uso de una mayor densidad de plantación y utilizando un solo pie.

La finca elegida tiene una densidad de 249 pies por hectárea.

11.- Edad del arbolado. El estudio de la CAP (2003), toma como base las declaraciones de cultivo de olivar y considera que hay olivar adulto sólo cuando ninguna de las parcelas de la explotación tiene olivos de nueva plantación; con lo cual una declaración de cultivo con un número indeterminado de parcelas, en las que sólo una de ellas tenga olivos de nueva plantación pasa a ser considerada en su totalidad incluida en el olivar de nueva plantación. A pesar de este error metodológico, se obtuvo que la mayor parte del olivar andaluz corresponde a explotaciones de olivar adulto.

Como vimos en el Capítulo II.4, la edad media del arbolado es elevada, con cerca de la mitad de las plantaciones mayores de cien años y una tercera parte entre los 50 y los cien años.

Se buscó una explotación en la que la edad de los árboles ronda los 100 años.

12.- Régimen de tenencia. Tal y como se describió en el Capítulo II.4.1., el régimen de tenencia predominante es el de propiedad y que el titular de la explotación sea una persona física.

Se escogió una explotación en la que el titular de la misma es una persona física y es el propietario de las parcelas.

Para establecer una clasificación de las explotaciones olivareras andaluzas en un número de clases que permita obtener una visión de conjunto de la realidad del olivar andaluz, la Consejería de Agricultura y Pesca optó por seleccionar una serie de variables de tipo agronómico; como son la presencia de olivos de nueva plantación, el régimen de cultivo (secano/regadío), la densidad de plantación, el número de pies por árbol y la pendiente media de la explotación (CAP, 2003).

Se obtuvo que la clase más representativa del olivar andaluz era la integrada por olivos adultos, cultivados en secano, densidad mayor de 1 pie/árbol y menor de 140 olivos/ha, plantados en parcelas con pendiente moderada ($\leq 15\%$).

La explotación que se escogió para la toma de datos está incluida en esta clase.

V.2. Localización de la explotación

Se buscó una explotación que fuese representativa de la mayor parte del olivar jiennense y andaluz.

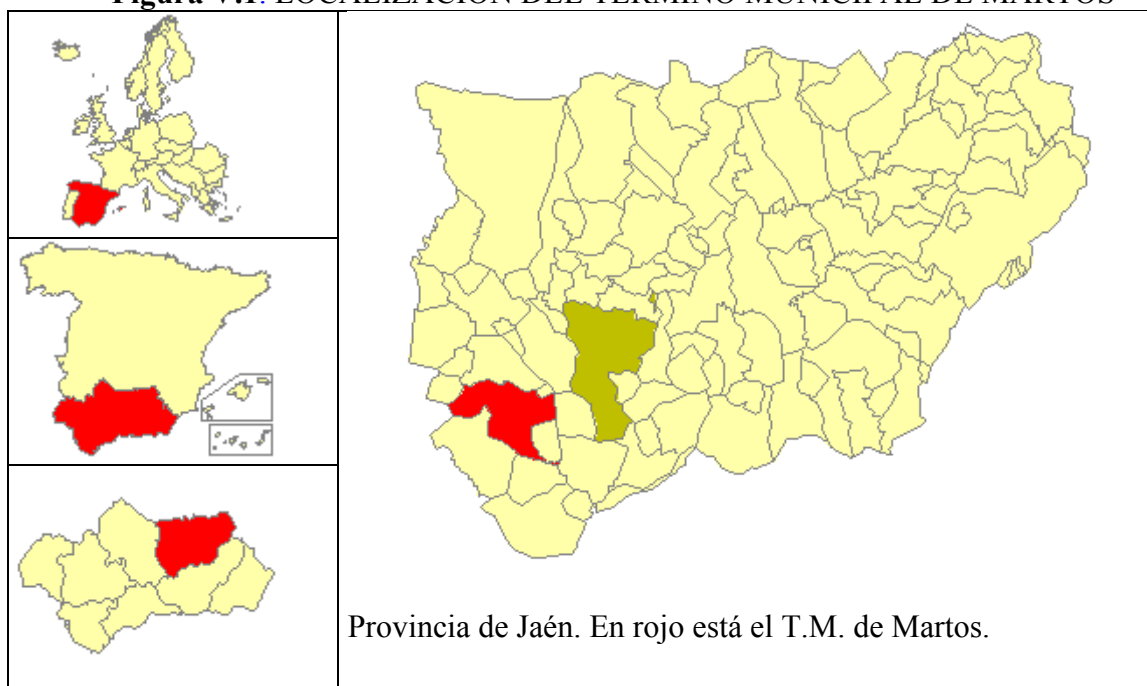
Por lo cual, se escogió una finca de olivar de secano ubicada en el término municipal de Martos, en la comarca de la Campiña Sur, en el Suroeste de la provincia de Jaén. La finca está a 32 kilómetros de la ciudad de Jaén.

Martos se encuentra al Suroeste de la capital de la provincia. Se sitúa en las estribaciones de lo que se denomina la Sierra de la Grana, de la que forma parte la Peña

de Martos. Con la excepción de este pequeño trozo de serranía, el resto de su término municipal está constituido básicamente por el olivar.

Martos está situado a una Latitud de $37^{\circ} 43'$, y una Longitud de $-3^{\circ} 58'$. Podemos ver su ubicación en la Figura V.1

Figura V.1. LOCALIZACIÓN DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE MARTOS

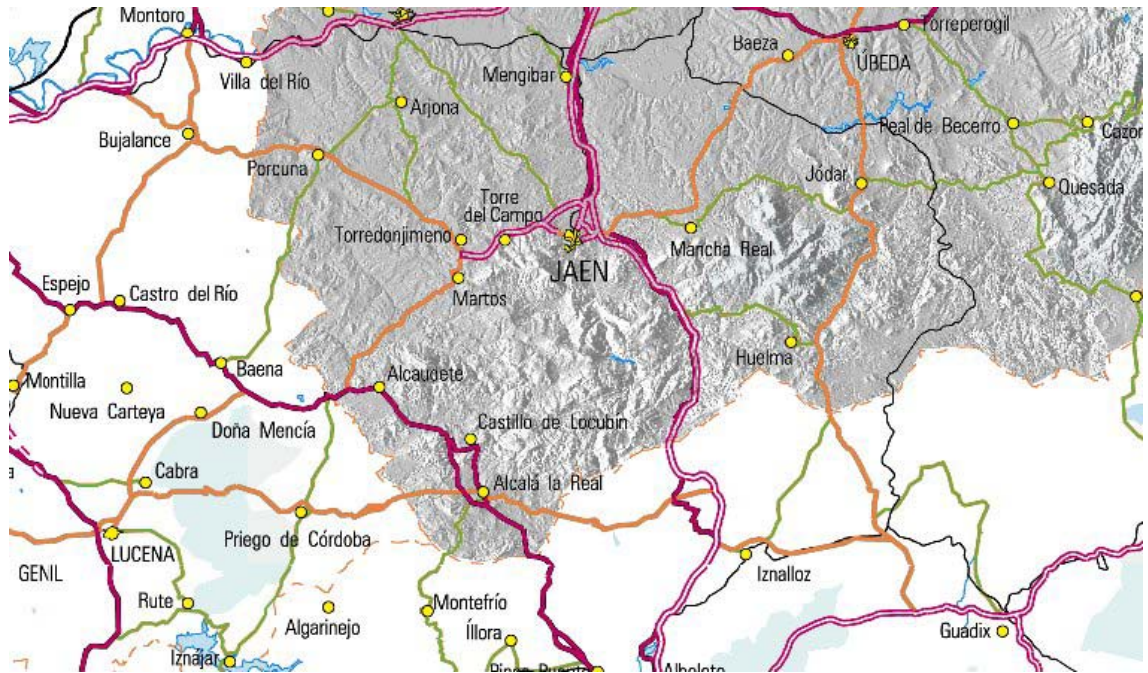


Fuente: I.E.A. (2003)

El término municipal (T.M.) de Martos tiene 261 kilómetros cuadrados de superficie, de los cuales 23.849 hectáreas están dedicadas al cultivo del olivar para aceituna de aceite, la mayoría de las cuales —22.750 Has— corresponden a cultivo en seco, según datos obtenidos en el año 2001 (IEA, 2003).

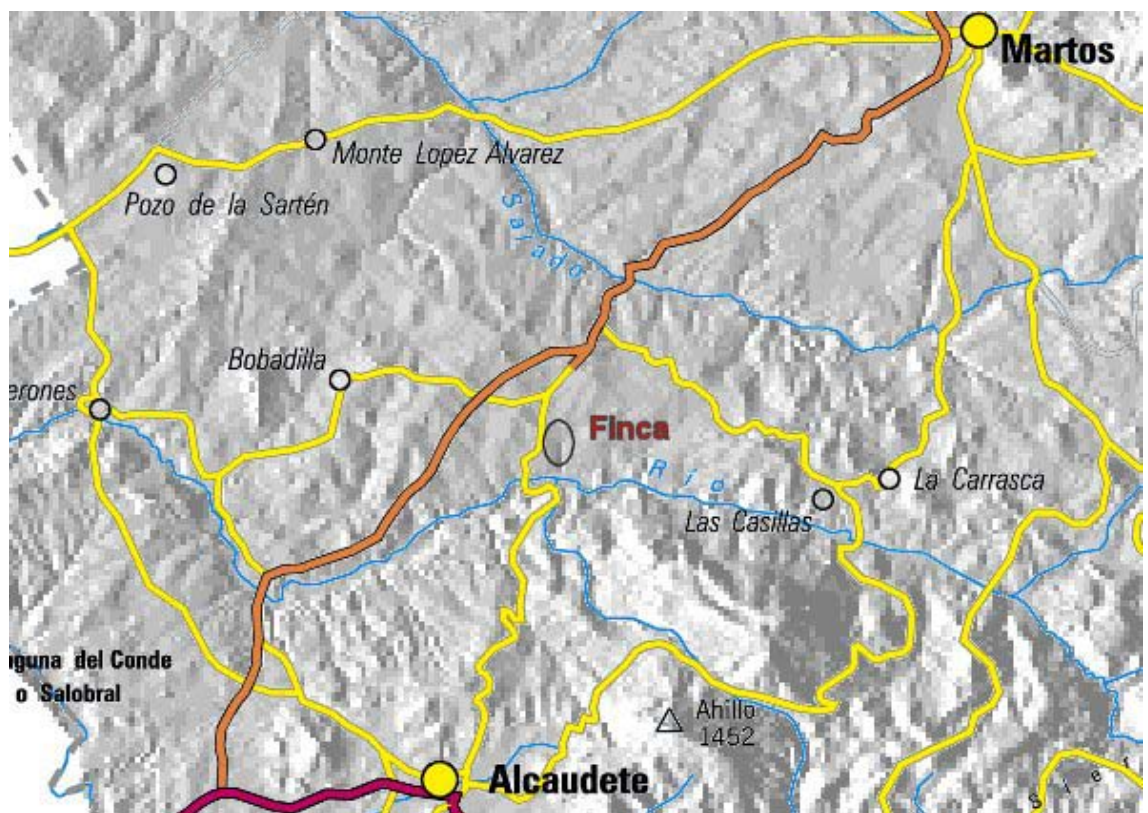
La explotación está situada en la parte suroccidental del T.M. de Martos. Para llegar hasta la misma, hay que tomar la carretera N-321, desde Jaén hacia Alcaudete; después de pasar Martos, a unos 9 kilómetros está un desvío (la antigua carretera de Martos a Alcaudete) hacia la pedanía de Venta de Pantalones. A unos 500 metros sale un carril a la izquierda, que nos conduce a la finca. La finca limita al oeste con la antigua carretera de Martos a Alcaudete.

Figura V.2 CÓMO LLEGAR. RED VIARIA



Fuente: Mapa Oficial de Carreteras (Ministerio de Fomento, 2002)

Figura V.3 LOCALIZACIÓN DE LA FINCA



Elaborado a partir del Mapa Oficial de Carreteras (Ministerio de Fomento, 2002)

La finca está en la Hoja 968 del Mapa Topográfico 1:50.000; y en la Hoja 96821 en el caso del Mapa Topográfico de Andalucía 1:10.000. La explotación está en el paraje denominado “Gaitán”. Hacia el Sur está el Río Víboras y la Sierra de la Caracolera. El paisaje es de formas onduladas, como podemos ver en la Figura V.4.

Figura V.4 MAPA TOPOGRÁFICO DE LA ZONA



Fuente: COPT (2002)

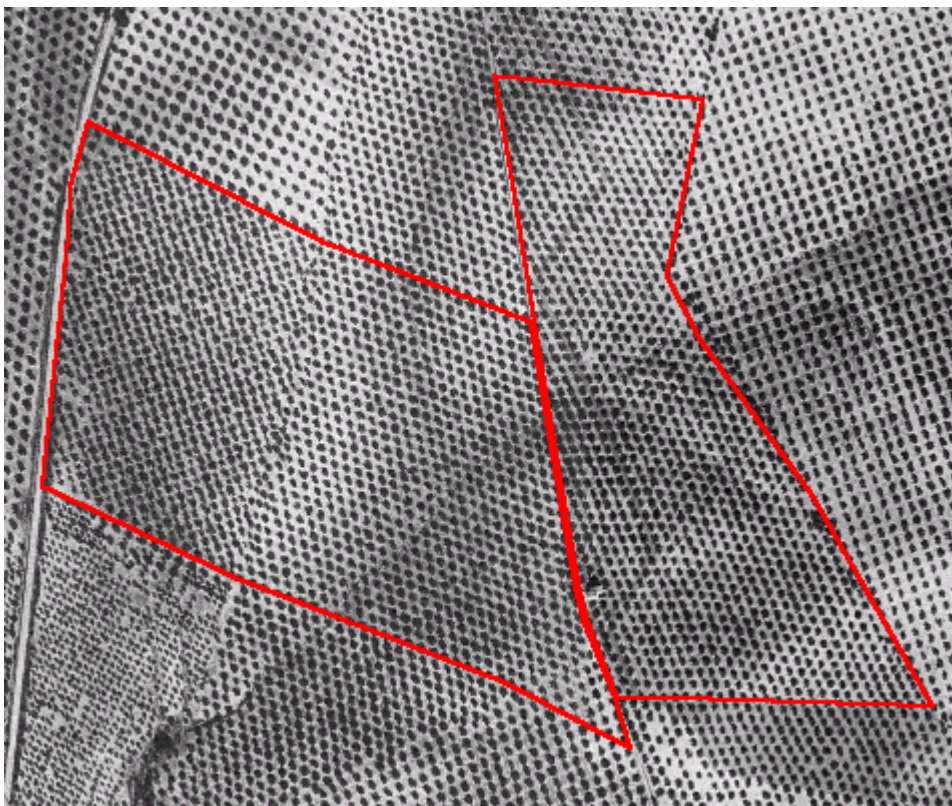
La zona está dedicada al cultivo del olivar, como podemos ver en la fotografía aérea de la Figura V.5.

Figura V.5. FOTOGRAFÍA AÉREA DE LA ZONA



Fuente: CMA (2003)

Figura V.6 FOTOGRAFÍA AÉREA DE LA FINCA



Elaborado a partir del SIG Oleícola (MAPA, 2001b). Fotografía tomada en 1997

V.3. Características generales de la zona.

V.3.1. Climatología

Predomina un clima Mediterráneo subtropical, más fresco conforme se van alcanzando las cotas más altas, siendo los valores medios de sus variables climáticas los que figuran en la Tabla V.1.

Desde el punto de vista de la ecología de los cultivos (J. Papadakis), la zona queda caracterizada por un invierno tipo *Citrus* y un verano tipo *Algodón más cálido* (MAPA, 1977).

En cuanto al régimen de humedad, la duración, intensidad y duración estacional del período seco, lo definen como *Mediterráneo seco*.

Tabla V.1 VALORES MEDIOS DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS

<i>Variable Climática</i>	<i>Valor medio</i>
Temperatura media anual	14 a 20° C
Temperatura media mes más frío	5 a 12° C
Temperatura media mes más cálido	25 a 32° C
Duración media del período de heladas	Cero a 2 meses
ETP media anual	850 a 1.150 mm.
Precipitación media anual	500 a 900 mm.
Déficit medio anual	450 a 700 mm.
Duración media del período seco	3 a 5 meses
Precipitación de invierno	42%
Precipitación de primavera	28%
Precipitación de otoño	26%

Fuente: Mapa de Cultivos y Aprovechamientos (MAPA, 1977).

En estas condiciones son posibles los siguientes cultivos: a) sin riego: cereales y leguminosas de invierno (trigo, cebada, avena, centeno, guisantes, habas, etc.), olivo, vid, almendro, higuera, etc., b) Con riego: cítricos, algodón, maíz, sorgo, frutales caducifolios, hortalizas, etc.

En cuanto a la potencialidad agroclimática de la zona, queda comprendida entre los valores 10 y 20 del índice C.A. de L. Turc en secano y los valores 45 y 60 en regadío, lo que equivale a unas 6 a 12 Tm. de M.S./Ha y año, en secano, y de 27 a 36 Tm en regadío (MAPA, 1977).

Por lo que respecta a la vegetación natural, tanto el diagrama climático de Walter y Lieth, como el gráfico de formaciones fisiognómicas, nos definen una vegetación típica de la gran formación *Durilignosa* con características más o menos oceánico-mediterráneas (Q. ilex, Q. faginea, Q. pyrenaica, G. scorpius, R. officinalis, etc., entre las especies potenciales).

V.3.2. Fisiografía, Geología y Litología.

Está en las estribaciones de la Cordillera Sub-bética, a los pies de la Sierra Caracolera, que queda al Sureste de la finca. Entre dicha sierra y la finca nace el Río Víboras.

El terreno donde se ubica la explotación pertenece al período Neogeno Mioceno, con areniscas, margas y calizas molásicas. Está próxima a la transición a terrenos del Triásico Keuper donde abundan las margas y yesos (MAPA, 1977).

V.3.3. Edafología

Haciendo uso del sistema de clasificación americano “Soil Taxonomy”, el suelo de la zona donde se enmarca la finca pertenece al orden de los Alfisoles. Los Alfisoles son suelos desarrollados, presentando un perfil del tipo A/Bt/C; con un horizonte Bt (Argílico) formado por acumulación de arcilla iluviada. Para la formación de este horizonte ha sido necesario un lavado de caliza hacia horizontes más profundos, y también se ha producido un enrojecimiento del suelo debido a la deshidratación de los óxidos de hierro, dando lugar a los típicos suelos rojos. Potencialmente son suelos ricos, profundos y con pequeña tendencia a la acidez. A nivel de grupo se incluye dentro de los Haploxeralf, debido a su color pardo (MAPA, 1977).

V.4. Descripción de la explotación

La finca consta de dos parcelas separadas por un camino de tierra. Las referencias catastrales de dichas parcelas son (provincia / municipio / polígono / parcela):

23 / 60 / 43 / 7

23 / 60 / 43 / 207

En la Figura V.7 podemos ver una fotografía aérea de la finca y de las parcelas circundantes, tomada del SIG Oleícola (MAPA, 2001b). El vuelo se realizó en octubre de 1997. El acceso es por la parte norte, por el carril que separa las parcelas 3 y 4, y después las parcelas 51 y 52.

La finca presenta un perfil ondulado, con pendientes comprendidas entre el 8 y el 10%.

En la finca existe una casa, en la parte Sur de la parcela 207, junto al carril. Esta edificación está en estado ruinoso, amenazando desplomarse. Actualmente sólo se utiliza un pequeño cobertizo lateral para guardar el tractor en las épocas de laboreo y de recolección.

La superficie total de la explotación es de 31,7 hectáreas. Tiene 2.633 olivos adultos, de la variedad Picual, plantados según el sistema tradicional de tres pies y un marco de plantación de 11 metros. La densidad media de plantación es de 83 olivos por hectárea.

El régimen de tenencia es de propiedad, perteneciendo desde 1997 a D. Antonio Ramón Alcalá Jiménez, el cual falleció el 1 de marzo de 2000. Desde esa fecha la titularidad de la explotación es de su esposa, D^a Úrsula María Delgado Ramírez de Verger. En todo momento, ambos han dado todas las facilidades para la toma de datos.

Figura V.7 FOTOGRAFÍA AÉREA DE LAS PARCELAS

Fuente: SIG Oleícola Español (MAPA, 2001b)

La parcela 7 está situada al oeste del carril. Su superficie es de 18,725 hectáreas. Tiene 1.602 olivos adultos. La densidad de plantación es mayor en la parte occidental, pero se compensa con que los árboles de la parte oriental tienen un mayor volumen de copa. Como consecuencia de la escorrentía de las aguas de lluvia, se ha creado una cárcava, que atraviesa la parcela desde la parte nordeste (limitando con el carril) hasta el límite Sur. Esta cárcava está seca casi todo el año, pero en algunos tramos tiene más de un metro de profundidad, imposibilitando que la maquinaria la atraviese en esas zonas. Las coordenadas del centroide de la parcela, referidas al Huso 30, son: X = 406.796; Y= 4.168.176. Podemos ver una fotografía aérea de la misma en la Figura V.8. (página siguiente), según aparece en la versión 8 del SIG Oleícola.

La parcela 207 está situada al este del carril. Tiene una superficie de 12,941 hectáreas, y hay 1.031 olivos adultos. Las aguas de lluvia circulan por la parte media de la parcela, de Este a Oeste, pero en esa zona no hay dificultades para el paso de la maquinaria. Las coordenadas del centroide de la parcela, referidas al Huso 30, son: X = 407.135; Y= 4.168.217. Podemos ver una fotografía aérea de la misma en la Figura V.9., según aparece en la versión 8 del SIG Oleícola.

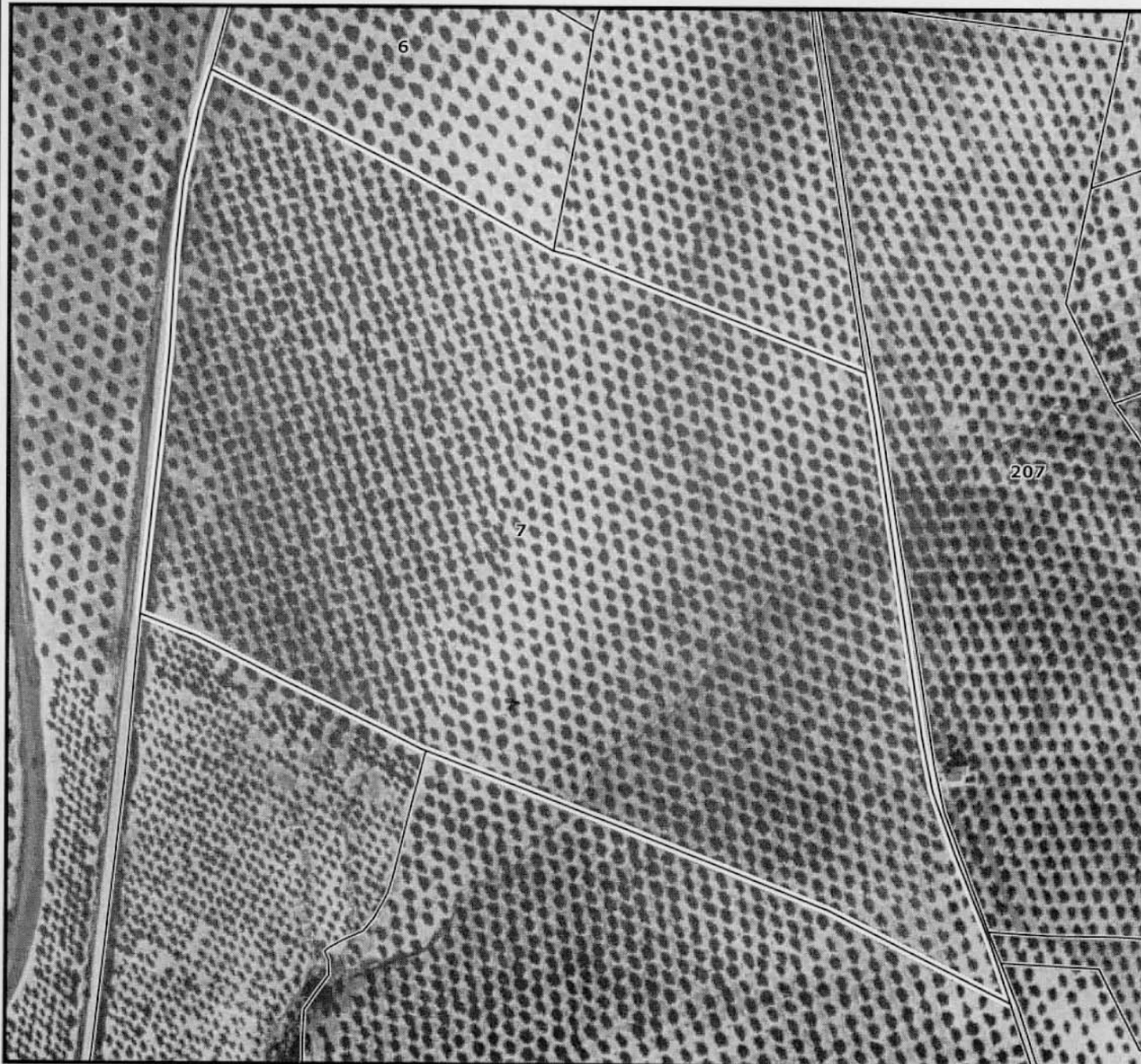
En la Tabla V.2 se muestra un resumen de los datos de ambas parcelas y de la finca completa. Se incluye la separación entre olivos (para calcular el marco de plantación) en cada uno de los cuadrados que resultarían de superponer a la finca una cuadrícula de 20 metros de lado para facilitar su estudio.

Tabla V.2 SUPERFICIE Y NÚMERO DE OLIVOS

	Superficie (Has)	Número de olivos	Olivos/ha	Separación olivos
Parcela 7	18,725	1.602	85,5	10,8 m
Parcela 207	12,941	1.031	79,7	11,2 m
Total	31,666	2.633	83,1	11 m



SIG OLEÍCOLA ESPAÑOL



Datos Catastrales

Provincia: JAEN (23)

Municipio: MARTOS (60)

Polígono: 043

Parcela: 0007

Superficie total (ha): 18,4750

Superficie olivar (ha): 18,4750

Renovación catastral de: 1992

Recopilación de información catastral: jul/1999

Datos del SIG Oleícola

Nº de Olivos: 1602

Fecha de visita a campo: -

Superficie total de la parcela (ha): 18,7247

Superficie oleícola (ha): 18,5397

Datos generales del término

Situación de los datos del término:

SIG OLEÍCOLA

Número de CD: 2306208

Código de la ortofoto: 233006001

Fecha del vuelo: 10/1997

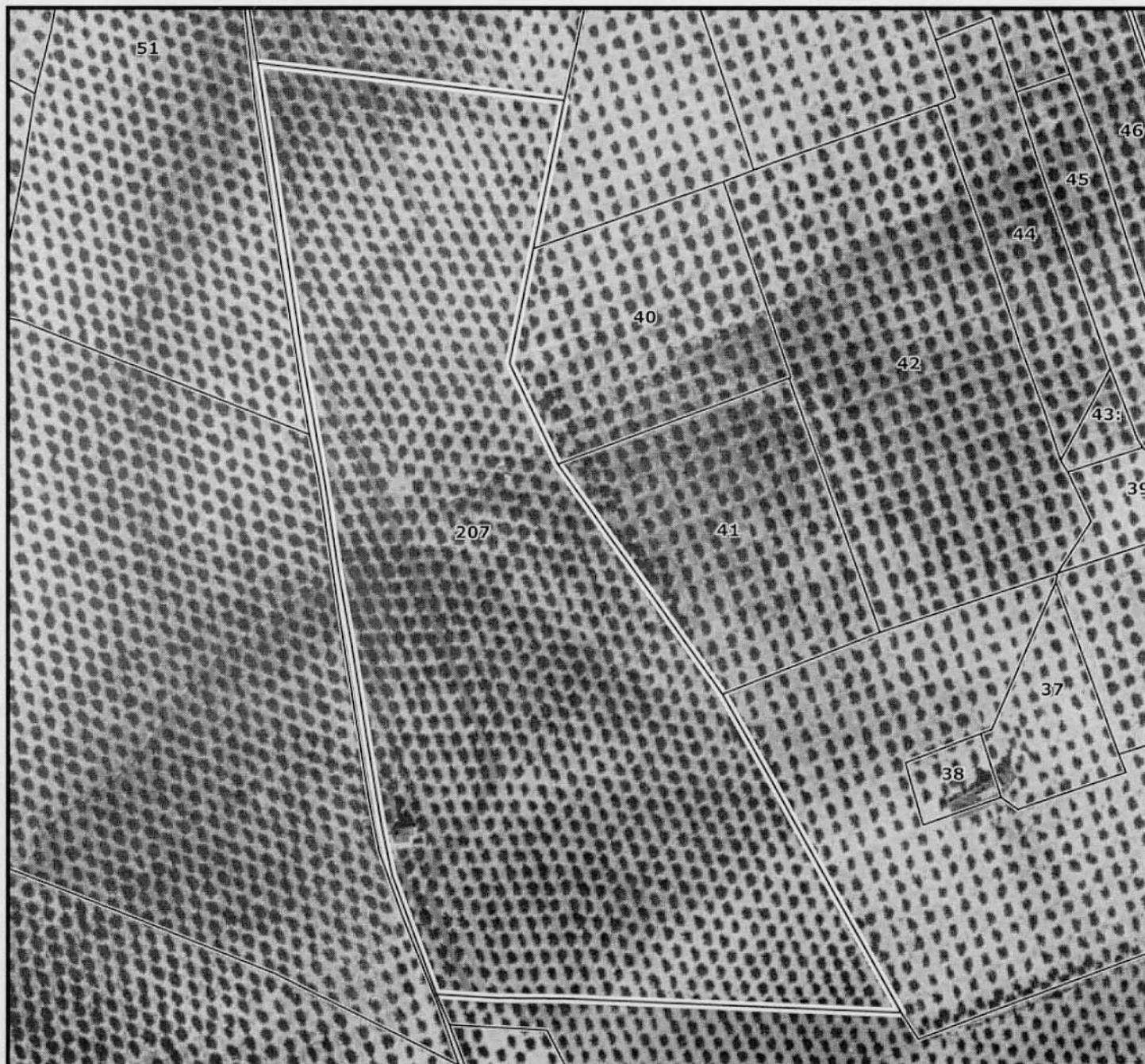
Fecha de impresión: 26/08/03

Escala: 1/4000

Coordenadas UTM del centroide de la parcela
referidas al Huso 30 :

X: 406.796

Y: 4.168.176



Datos Catastrales

Provincia: JAEN (23)
Municipio: MARTOS (60)
Polígono: 043
Parcela: 0207
Superficie total (ha): 12,0597
Superficie olivar (ha): 12,0597
Renovación catastral de: 1992
Recopilación de información catastral: jul/1999

Datos del SIG Oleícola

Nº de Olivos: 1031
Fecha de visita a campo: -
Superficie total de la parcela (ha): 12,9415
Superficie oleícola (ha): 12,9415

Datos generales del término

Situación de los datos del término:

SIG OLEÍCOLA

Número de CD: 2306208
Código de la ortofoto: 233006001
Fecha del vuelo: 10/1997
Fecha de impresión: 26/08/03

Escala: 1/4000

Coordenadas UTM del centroide de la parcela
referidas al Huso 30 :

X: 407.135 Y: 4.168.217

CAPÍTULO VI
**CARACTERIZACIÓN TÉCNICO-
ECONÓMICA DE LA EXPLOTACIÓN**

CAPÍTULO VI CACTERIZACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA EXPLOTACIÓN.

Con el objetivo de conocer la cuenta de resultados de la explotación, se realizó una entrevista al encargado de la misma, D. Antonio Moreno.

Salvo que se especifique lo contrario, la maquinaria utilizada pertenece a la propietaria de la explotación. Para facilitar el cálculo de costes de la explotación, no se enuncian siguiendo el orden cronológico de su realización, sino que se han agrupado las técnicas de cultivo siguiendo el mismo criterio que se describió en el Capítulo III.4.

VI.1 Caracterización técnica de la explotación.

VI.1.1 Manejo del suelo.

Se incluyen las técnicas de cultivo que tienen como objetivo mantener el suelo libre de malas hierbas (laboreo y tratamientos herbicidas) y prepararlo para facilitar la recolección. La explotación estudiada realiza tanto laboreo como tratamientos herbicidas.

VI.1.1.1 *Primer pase cruzado en febrero.*

Las primeras labores se realizan una vez que ha finalizado la recolección de la cosecha; así, suele realizarse a mediados de febrero. Consisten en una labor cruzada, dando dos pases de cultivador —o dos pases de grada si la hierba es muy abundante—. Se utiliza un tractor de la marca Ebro, modelo 8125, de 125 CV. Son necesarios 6 ó 7 días, con unas seis horas diarias de trabajo del tractorista.

VI.1.1.2 *Segundo pase en marzo.*

Al igual que el anterior. Consiste en un pase cruzado de cultivador o grada. Se necesitan 6 ó 7 días.

VI.1.1.3 Tercer pase en junio.

Es el último pase de labor empleando un cultivador o una grada que se hace en esta explotación. Tiene las mismas características que los dos pases anteriores.

VI.1.1.4 Labor de roza de los ruedos.

Durante el mes de agosto, se realiza una labor de roza. Consiste en eliminar la hierba presente en los ruedos de los olivos, pues con los aperos de labranza no se alcanza esa zona (por el riesgo de producir heridas en los troncos). Así se va preparando el suelo para facilitar la colocación de los mantones cuando se realice la recolección. La herramienta empleada es un legón.

Esta labor la realizan 3 obreros agrícolas. Dado que el rendimiento de este trabajo es de unos 80 olivos / persona y día, la duración del mismo está en torno a 11 días. Es decir, se necesitan 11 días X 3 operarios = 33 jornadas reales de trabajo.

VI.1.1.5 Pase de rastra.

A finales de agosto o principio de septiembre se hace una labor cruzada con rastra para allanar el terreno y quitar el pasto seco.

Se emplea el tractor de 125 CV con una rastra. La duración de esta labor es de 5 días.

VI.1.1.6 Pase de rulo.

Inmediatamente después del pase de rastra, se da un pase de rulo. Esta labor se realiza tanto en los ruedos como en las calles entre los olivos. Se hace en las tres direcciones en las que ahílan los árboles en esta finca. Persigue facilitar las labores de recolección, tanto el arrastre de los mantones como el desplazamiento del personal.

Se emplea el tractor de 125 CV con un rulo. La duración de esta labor es de 7 días.

VI.1.1.7 *Tratamiento herbicida.*

A finales de octubre se realiza un tratamiento herbicida de pre-emergencia. Conviene realizarlo antes de que llueva. El herbicida utilizado es Diurón 80% PM (polvo mojable). Se utiliza una cuba de tratamientos de 2.000 litros de capacidad y una barra de tratamientos del tipo “Casotti”. A cada cuba se le añaden 12 kg de Diurón. Se necesitan 6 cubas en el tratamiento herbicida de la explotación (unos 440 olivos / cuba). Por tanto, en total se gastan 72 kg de Diurón.

En los años lluviosos se produce un lavado del Diurón y hay que echar Glifosato 36% p/v (en relación peso/volumen) simultáneamente con el Diurón. Esta situación ocurre la mitad de los años. La dosis utilizada es de 6 litros de Glifosato en cada cuba, es decir, 36 litros en la finca cada dos años. Para el cálculo de costes consideraremos un gasto anual de 18 l de Glifosato.

La mano de obra necesaria es la del tractorista exclusivamente, durante 2 días.

VI.1.2 Poda, limpia y desvareto.

El ciclo de poda al que se someten estos olivos es bienal: cada dos años se realiza una poda severa en una de las dos parcelas que componen la finca; realizando únicamente una limpieza y desvareto en la parcela que no se poda ese año.

VI.1.2.1 *Poda.*

La parcela 7 se podó a finales de febrero de 1997, 1999 y 2001; mientras que la parcela 207 fue podada en los años 1998, 2000 y 2002. El trabajo de poda lo realiza un equipo de tres personas, compuesto por un Maestro Podador y dos Oficiales de Primera. Las herramientas utilizadas son motosierras y hachas. El rendimiento del trabajo suele

oscilar en torno a 30 olivos podados por persona y día, lo que supone unos 90 olivos/día. Por tanto, la poda necesitaría unos 30 días de trabajo efectivo de los tres operarios si se podaran todos los olivos de la explotación. Como esta labor es bienal, podemos asignar una media de 15 jornadas de trabajo de 3 personas para el cálculo de costes anuales.

Posteriormente es necesario recoger el ramón (ramaje que resulta de la poda de los olivos). Para este cometido se utiliza el tractor, colocándole en la parte delantera un apero que facilita la recogida del ramón. Estos restos se amontonan y después se queman. La recogida y quema del ramón requiere 3 días del mismo personal que realizó la poda.

VI.1.2.2 *Limpia de ramas.*

A finales de mayo o principio de junio, en la parte de la finca que no se ha podado ese año, se realiza una limpia de ramas. Se eliminan aquellas ramas nuevas que han salido en los cortes de poda del año anterior. Esta operación se hizo en la parcela 7 en los años 1998, 2000 y 2002; mientras que a la parcela 207 le correspondió en 1997, 1999 y 2001.

El equipo humano y el rendimiento del trabajo son igual que para la poda. Lo realiza un equipo de tres personas, compuesto por un Maestro Podador y dos Oficiales de Primera. El rendimiento del trabajo suele oscilar en torno a 30 olivos por persona y día, lo que supone unos 90 olivos/día. Como esta labor se realiza bienalmente, podemos asignar una media de 15 jornadas de trabajo de 3 personas para el cálculo de costes anuales.

Después se recogen los restos con ayuda del tractor y se queman. Este proceso requiere 3 días en la parcela 7 y 2 días en la parcela 207. Para el cálculo de costes anuales consideraremos una media de 2,5 días de trabajo de 3 operarios.

VI.1.2.3 *Desvareto.*

El desvareto es una práctica anual complementaria a la poda, que se realiza a final del verano, y consiste en la eliminación de brotes adventicios en la cabeza y base del pie (tronco del olivo). Estos brotes adventicios reciben distintos nombres según la zona, siendo conocidos popularmente como “varetas”, “chupones” o “pestugas”.

El equipo encargado de hacerlo es el mismo que realiza la labor de roza (apartado VI.1.1.4). Por ello, a finales de agosto, cuando han terminado dicha labor, realizan el desvareto. El rendimiento es el mismo que en la roza, es decir, unos 80 olivos / persona y día. Por lo tanto, se necesitan 11 días X 3 operarios = 33 jornadas reales de trabajo.

VI.1.3 Tratamientos fitosanitarios.

VI.1.3.1 *Tratamiento en marzo.*

Se utiliza una cuba automática de tratamientos de 2.500 litros de capacidad, que es transportada por el tractor. Se aplican:

- 15 kg de Sulfato de Cobre, como preventivo contra el Repilo. Concretamente se usó la marca “Covinex”, es un polvo mojable que lleva Sulfato Cuprocálcico 10% + Oxiclورو de Cobre 10% + Mancozeb 15%. Contiene además 19% de caolín.
- 1,75 litros de Dimetoato 40% p/v (400 g/l). Los nombres comerciales del Dimetoato usado en las dos últimas campañas son “Rogor” y “Gorfos”.

En el conjunto de la explotación se necesitan 5 cubas de tratamientos, lo que indica que con cada cuba de 2.500 litros se tratan 525 olivos. En total se necesitan 75 kg de Sulfato de Cobre y 8,75 litros de Dimetoato 40%.

Con este tratamiento se aplican conjuntamente 15 kg de Abono Foliar y 10 kg de aminoácidos en cada cuba utilizada; como se describirá en el apartado VI.1.4.2.

En cuanto a la mano de obra, sólo requiere al tractorista durante dos días, que es el tiempo habitualmente empleado en este tratamiento.

VI.1.3.2 *Tratamiento en mayo.*

Fundamentalmente está dirigido contra la generación antófaga del *Prays oleae*. Para que su eficacia sea máxima conviene realizarlo coincidiendo con la época de plena floración. Dado que la duración de la floración depende de la temperatura (Rallo¹, 1997), aunque todos los olivos de la finca son de la misma variedad, todas las flores no abren simultáneamente, dependiendo de la ubicación del árbol (zonas de solana o umbría) y de la orientación de los ramos (más precoces cuando están orientados al Sur), el tratamiento se realiza cuando están el 50% de las flores abiertas.

Cada cuba de 2.500 litros de caldo contenía:

- 5 kg de Sulfato de Cobre (como el descrito en el apartado anterior) para el Repilo.
- 3 l de Dimetoato contra el *P. oleae*.

Fueron necesarias 5 cubas de tratamientos. Por tanto, se gastaron 25 kg de Sulfato de Cobre y 15 l de Dimetoato. La duración fue de dos días, y se empleó un tractor.

Además se incluían 8 litros de aminoácidos en cada cuba, como se describirá en el apartado VI.1.4.3.

VI.1.3.3 *Tratamiento en octubre.*

Va dirigido contra el Repilo. El producto empleado es “Cuprofer Rojo” de la empresa Fercampo. La materia activa es Óxido Cuproso (75% de Cobre). La dosis recomendada en la etiqueta es de 150 – 250 gramos/Hl en tratamientos de primavera, y de 200 – 300 gramos/Hl en los tratamientos de otoño.

Se empleó la cuba de 2.500 litros, a la cual se le añadieron 15 kg de producto. Esto significa que se utilizó una dosis de 600 g/Hl, el doble de la recomendada por el fabricante. Se necesitaron 5 cubas, por lo que se gastaron 75 kg de Cobre Rojo.

Con este tratamiento también se aplicó Potasa, como se describirá en el apartado VI.1.4.5.

VI.1.4 Fertilización.

VI.1.4.1 *Necesidades de fertilización en el olivar*

NITRÓGENO

El nitrógeno es el elemento que se requiere en mayores cantidades y constituye, por consiguiente la base de la fertilización en un olivar. Aplicaciones de 0,5 a 1 kg de nitrógeno por árbol han resultado satisfactorias en el olivar para mantener el nivel de nitrógeno en hojas en su intervalo adecuado. La dosis óptima en cada plantación depende del tamaño del árbol, de su nivel productivo y del medio de cultivo, y habrá que ajustarla en base a la realización de análisis foliares periódicos (Fernández-Escobar, 1997).

El exceso de abonado nitrogenado es normal en buena parte del olivar, y tiene repercusiones negativas en los árboles, pues éstos pueden mostrarse más sensibles a las heladas y más susceptibles a la acción de plagas y enfermedades; asimismo, puede dar lugar a desórdenes fisiológicos que afecten a la calidad del fruto (Fernández-Escobar, 1997).

La eficiencia del uso del nitrógeno (EUN) es la cantidad de nitrógeno absorbida por la planta dividida por la cantidad total de nitrógeno aplicado en forma de abono. Este valor fluctúa entre el 25 y el 50% para los cultivos, lo que indica que la mayoría del nitrógeno aplicado con abono se pierde, y buena parte de él contribuye a la contaminación de las aguas. En la práctica de la fertilización e necesario tomar medidas

¹ Capítulo del libro de Barranco et al. (1997).

para mejorar la EUN o, al menos, para no disminuirla. Para ello hay que tener en cuenta en primer lugar que la EUN disminuye si se aplica nitrógeno en suelos que contienen cantidades adecuadas de nitrógeno disponible para las plantas (Fernández-Escobar, 1997).

Recientes ensayos realizados en olivos de la variedad “Picual”, han estudiado el efecto de la cantidad de nitrógeno aplicado y de la forma de aplicación (exclusivamente en suelo, o bien una parte en suelo y otra parte por vía foliar), así como la aplicación de fertilizante nitrogenado en función del análisis foliar del año anterior. Los resultados preliminares indicaron que el incremento de la cantidad de nitrógeno aplicado, desde 0 a 1 kg de N por olivo, no se tradujo en un aumento de la cosecha, el tamaño del fruto, el contenido graso o el crecimiento vegetativo. Sí parece que la concentración de nitrógeno en las hojas aumenta cuando fue aplicado tanto en el suelo como por vía foliar, comparando con la aplicación exclusiva en el suelo (Marín y Fernández-Escobar, 1997).

La aplicación anual de fertilizantes nitrogenados en los olivos no parece ser necesaria para obtener una buena producción y crecimiento cuando el contenido de nitrógeno en las hojas supera el umbral en el que se considera adecuado (Marín y Fernández-Escobar, 1997).

POTASIO

Muchos olivares andaluces presentan niveles bajos y deficientes de potasio en hojas. Las causas de la deficiencia en potasio son diversas, y destacan las siguientes: 1) suelos pobres en potasio, 2) temperatura del suelo, 3) humedad del suelo, 4) carga del árbol, y 5) interacciones con calcio y magnesio.

La carencia de potasio en el olivo tarda en corregirse si los niveles en hoja de ese elemento han bajado hasta el nivel de deficiencia, por lo que es conveniente vigilar esos niveles periódicamente mediante el análisis foliar, y practicar medidas correctoras con anterioridad a que se produzca la deficiencia.

Hay que resaltar la importancia de la fertilización potásica en el olivar, pues aparte del efecto directo en la producción, existen evidencias de que árboles bien nutridos con este elemento parecen tolerar mejor las condiciones de sequía (Fernández-Escobar, 1997).

FÓSFORO

Es muy raro que aparezcan deficiencias de fósforo en plantaciones frutales, incluido el olivar. Esto explica que numerosos trabajos de campo indiquen la falta de respuesta de los árboles al abonado fosfórico. En el olivar andaluz es fácil encontrar niveles de fósforo en hoja en el intervalo 0,07%-0,14% sin que en ningún caso se haya encontrado respuesta al abonado. Es probable que sólo en árboles cultivados en suelos pobres en este elemento las concentraciones en hoja alcancen niveles deficientes y puedan responder al abonado (Fernández-Escobar, 1997).

BORO

Se ha considerado al olivo como una planta con altos requerimientos de boro, probablemente porque la deficiencia de este elemento está descrita en varios países olivareros y por que el olivo es más tolerante a un exceso de boro que otras especies frutales (Fernández-Escobar, 1997).

Conviene insistir en que el análisis de las hojas es imprescindible para diagnosticar problemas nutritivos antes de realizar cualquier tratamiento. De hecho, un problema adicional es que el boro aplicado en exceso es un ion tóxico, que puede incluso acarrear la muerte de plantas de olivo, en particular las jóvenes.

En caso de deficiencia diagnosticada, ésta es fácil de corregir. En suelos calizos y en secano, para corregir la deficiencia es preferible la aplicación foliar de productos solubles que contengan boro antes de la floración (Fernández-Escobar, 1997).

VI.1.4.2 *Abonado en febrero.*

En esta finca suele hacerse un abonado nitrogenado en el suelo cada dos años. La época es a finales de febrero, coincidiendo con el final del invierno y el próximo despertar vegetativo del árbol.

El abono empleado es Urea (46% de Nitrógeno). Se aportan 2,5 kg/olivo en los ruedos, es decir, en el suelo que queda debajo de la copa de los olivos, circundando los troncos de los árboles. Por tanto, se necesitan 6.582,5 kilogramos de Urea 46% en la explotación.

Fue realizado por tres operarios durante tres días. Cada uno llevaba una cuba con capacidad para 10 kg y fueron echando la Urea a mano.

Este abono se aportó en los años 1996, 1998 y 2000. No se aplicó en el año 2002, a pesar de que tocaba por el turno bienal que se lleva en la finca. Para el cálculo de costes consideraremos una aportación anual de 3.291,25 kg de Urea.

VI.1.4.3 *Abonado foliar en marzo.*

Como se indicó en el apartado VI.1.3.1, junto con el tratamiento fitosanitario se aplican, por cada cuba de tratamiento:

- 15 kg de abono foliar (20% N – 20% P – 20% K). El nombre comercial de este abono es “Nipofol Complex 20-20-20”. Se compone de 20% de Nitrógeno total (5% nítrico, 5% amoniacal y 10% amídico), 20% de P₂O₅, 20% de K₂O; y además tiene dosis menores de otros elementos, como 5% de Azufre (SO₃), 0,052% de Boro, 0,025% de Hierro quelatado EDTA, 0,032% de Manganeso y 0,045% de Zinc.
- 10 l de aminoácidos 7,9% LS (marca comercial “Siapton”). En su composición intervienen Aminoácidos (7,9%) y Nitrógeno (8,7%). Tiene un 57,1% de materia orgánica total y pH = 6.

Como se utilizaron 5 cubas, fueron necesarios 75 kg de abono foliar y 50 l de “Siapton” (aminoácidos 7,9% LS).

VI.1.4.4 *Aminoácidos en mayo.*

Se hizo junto con el tratamiento fitosanitario de mayo, descrito en el apartado VI.3.2, cada cuba llevaba 8 l de aminoácidos. Por tanto se aportaron 40 l de “Siapton” (aminoácidos) a los olivos de la explotación.

VI.1.4.5 *Abonado potásico en octubre.*

Se realizó junto con el tratamiento contra el repilo, descrito en el apartado VI.1.3.3. Se aplica en este momento por tratarse de la etapa en la que los frutos están adquiriendo su máximo desarrollo. Cada cuba llevaba medio saco (25 kg) de abono potásico. El producto empleado se denomina Potasa. Se trata de Nitrato Potásico (13-0-46). Aunque se trata de un abono clásico de cobertera, la presentación en cristales solubles puede ser utilizada en fertirrigación y también aplicarse por vía foliar.

En total, en la finca se aportaron 125 kg de Nitrato Potásico.

VI.1.4.6 *Unidades fertilizantes aportadas.*

En el abonado con Urea, que se hace en marzo, se aportan 2,5 kg/olivo. Esto significa 1,15 Unidades Fertilizantes (U.F.) de Nitrógeno por olivo cada dos años. En el conjunto de la explotación se aportan 6.582,5 kg de Urea 46%, es decir 207,9 kg Urea por hectárea (95,63 U.F./ha). Al considerar la media de todos los años, se aportan 0,575 U.F. / olivo y 47,815 U.F. / ha.

En la aplicación de abono foliar de marzo se aportaron 0,47 U.F./ha de Nitrógeno, de Fósforo y de Potasio; 0,0012 U.F./ha de Boro, además de pequeñas cantidades de Azufre, Hierro, Manganeso y Zinc.

El producto con aminoácidos también contenía un 8,7% de Nitrógeno. Esto significa 0,14 U.F. de N/ha en marzo y 0,11 U.F. de N/ha en mayo.

En octubre se añadieron 125 kg de Nitrato Potásico. Esto significa que, en cada hectárea, se aportaron 0,51 U.F. de Nitrógeno y 1,82 U.F. de Potasio.

En la Tabla VI.1 podemos ver un resumen de las Unidades Fertilizantes por unidad de superficie (hectárea) aportadas.

Tabla VI.1 UNIDADES FERTILIZANTES APORTADAS

Época	Abono	U.F./hectárea			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B
Febrero	Urea 46%	47,81	--	--	--
Marzo	Foliar	0,47	0,47	0,47	0,0012
Marzo	Aminoácidos	0,14	--	--	--
Mayo	Aminoácidos	0,11	--	--	--
Octubre	Potasa	0,51	--	1,82	--
Total		49,04	0,47	2,29	0,0012

VI.1.5 Recolección, transporte y molturación.

La maquinaria empleada en las labores de recolección consiste en:

- Un tractor de 125 CV, Ebro 8125, con una pala cargadora en su parte delantera.
- Un tractor de 100 CV, Ebro 8100, con remolque para el transporte de la aceituna hasta la almazara.
- Un vibrador autopropulsado de 90 CV, de la marca "Sicon". Se utiliza desde la campaña 1999/00.

La mano de obra ha estado formada por la misma cuadrilla en las cinco campañas estudiadas. En total son 18 personas, cuya distribución, según el tipo de trabajo es:

- Un encargado o manijero. Responsable ante los dueños. También puede conducir uno de los tractores.
- Un tractorista.
- Un maquinista, que maneja el vibrador.
- 15 recolectores. En este equipo una parte del personal se dedica al vareo de los árboles y otra parte a la recolección de la aceituna caída al suelo.

La duración de la recolección fue diferente cada año, dependiendo de la cosecha y de los medios técnicos utilizados. En las dos primeras campañas (1997/98 y 1998/99), cuando la recolección fue según el método tradicional de vareo, se necesitaron 33 y 55 días respectivamente. En las siguientes campañas (1999/00, 2000/01 y 2001/02), con el apoyo de un vibrador de troncos, la duración de las mismas fue de 11, 14 y 20 jornadas.

Para el cálculo de los costes de la explotación se va a considerar esta última campaña, pues los valores unitarios de los costes están referidos a ese año y dado que los vibradores se están introduciendo progresivamente en las faenas de recolección de muchas explotaciones refleja mejor la situación presente y de un futuro cercano.

VI.2 Costes directos

Todos los datos, tanto de mano de obra, como de coste de la maquinaria y de los productos empleados, están referidos al año 2002. La jornada laboral fue de 6 horas y 30 minutos.

VI.2.1 Costes unitarios.

Según la Tabla Salarial del año 2002, tomada del Convenio Colectivo del Campo vigente en ese año (COAG, 2001), el sueldo que le corresponde al personal eventual contratado para las labores agrícolas es:

Obrero en general	32,92 €/día
Capataz o manijero	35,05 €/día
Tractorista	35,67 €/día
Maestro de poda	38,32 €/día
Podador con máquina	38,32 €/día
Oficial	35,95 €/día
Vareador/a	33,67 €/día
Recogedor/a	33,67 €/día
Auxiliar	33,67 €/día
Vareador auxiliar de vibrador	35,17 €/día

Aunque tanto el tractor como el vibrador están en régimen de propiedad, vamos a valorarlos al precio de mercado de alquiler, para facilitar que los valores obtenidos puedan ser extrapolados a otras explotaciones. En ambos casos, junto con el coste de la máquina, está incluido el tractorista que la maneja.

Coste del tractor	136 €/día
Coste del vibrador autopropulsado	205 €/día
Coste del transporte de aceituna desde la explotación a la almazara:	0,015 €/kg

Los costes unitarios de los fertilizantes, fitosanitarios y herbicidas empleados son:

Urea 46%	0,20 €/kg
Abono foliar “Nipofol Complex”	1,56 €/kg
Aminoácidos “Siapton”	6,91 €/l
Nitrato Potásico	0,48 €/kg
Sulfato de Cobre “Covinex”	5,58 €/kg
Dimetoato 40%	3,60 €/l
Óxido Cuproso “Cuprofer Rojo”	4,20 €/kg
Diurón 80%	7,20 €/kg
Glifosato 36%	3,90 €/l

VI.2.2 Coste del manejo del suelo.

En la Tabla VI.2 se reflejan el momento de realización de la labor, el tiempo (en días o jornales) que se necesitó, el coste diario de la mano de obra (MO) y de la maquinaria (MAQ), las unidades de producto utilizadas (en litros o kilogramos), el coste unitario de esos productos, el coste total en la explotación y el coste por unidad de superficie expresado en Euros / hectárea.

En el caso del tratamiento herbicida el coste total se obtiene multiplicando los días empleados (2) por el coste diario del tractor y tractorista (136 €), y sumando el coste del Diurón (72 kg X 7,20 €/kg) y el del Glifosato (18 l X 3,90 €/l).

Tabla VI.2 COSTE DEL MANEJO DEL SUELO

Labor o tratamiento	Días	Kg ó L	Coste unitario		Coste total (€)	Coste/ha (€/ha)
			MO+ MAQ (€/día)	€/ (Kg ó L)		
Labor febrero	7	--	136	--	952	30,06
Labor marzo	6	--	136	--	816	25,77
Labor junio	6	--	136	--	816	25,77
Roza en agosto	33	--	32,92	--	1.086,36	34,31
Rastra en agosto	5	--	136	--	680	21,47
Rulo septiembre	7	--	136	--	952	30,06
Diurón	2	72 kg	136	7,20 €/kg	860,6	27,18
Glifosato		18 l		3,90 €/l		
TOTAL					6.162,96	194,62

VI.2.3 Coste de la poda, limpia y desvareto.

En el apartado VI.1.2 se describieron estas labores. En la Tabla VI.3 podemos ver una valoración económica de las mismas.

Tabla VI.3 COSTE DE LA PODA, LIMPIA Y DESVARETO

Labor	Jornales	Coste unitario MO + MAQ (€/día)	Coste total (€)	Coste / ha (€/ha)
Poda	15 maestro	38,32	1.653,3	52,21
	30 oficial	35,95		
Recogida restos	3 maestro	38,32	738,66	23,33
	6 oficial	35,95		
	3 tractor	136		
Limpia	15 maestro	38,32	1.653,3	52,21
	30 oficial	35,95		
Recogida restos	2,5 maestro	38,32	615,55	19,44
	5 oficial	35,95		
	2,5 tractor	136		
Desvareto	33 obrero	32,92	1.086,36	34,31
TOTAL			5.747,17	181,49

VI.2.4 Coste de los tratamientos fitosanitarios.

En la Tabla VI.4 se reflejan el momento de realización del tratamiento, el tiempo (en días o jornales) que se necesitó, el coste diario de la mano de obra (MO) y de la maquinaria (MAQ), las unidades de producto utilizadas (en litros o kilogramos), el coste unitario de esos productos, el coste total en la explotación y el coste por unidad de superficie expresado en Euros / hectárea.

En el caso de aquellos tratamientos fitosanitarios que simultáneamente sirvieron para hacer aportaciones de fertilizante, el coste de la mano de obra y de la maquinaria se ha dividido por la mitad (68 €/día), asignando la otra mitad al coste de la fertilización.

Tabla VI.4 COSTE DE LOS TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS

Labor o tratamiento	Días	Kg ó L	Coste unitario		Coste total (€)	Coste/ha (€/ha)
			MO+ MAQ (€/día)	€/ (Kg ó L)		
Marzo “Covinex” Dimetoato 40%	2	75 kg 8,75 l	68	5,58 3,60	586	18,50
Mayo “Covinex” Dimetoato 40%	2	25 kg 15 l	68	5,58 3,60	329,5	10,41
Óxido Cuproso	2	75	68	4,20	451	14,24
TOTAL					1.366,5	43,15

VI.2.5 Coste de la fertilización.

En la Tabla VI.5 se reflejan el momento de aportar los nutrientes, los días o jornales que se necesitaron, el coste diario de la mano de obra (MO) y de la maquinaria (MAQ), las unidades de producto utilizadas (en litros o kilogramos), el coste unitario de esos productos, el coste total en la explotación y el coste por unidad de superficie expresado en Euros / hectárea.

Cuando la aplicación de fertilizante se realizó de forma simultánea con un tratamiento fitosanitario, el coste de la mano de obra y de la maquinaria se ha dividido por la mitad (68 €/día), asignando la otra mitad al coste del tratamiento, como se vio en el apartado anterior.

Tabla VI.5 COSTE DE LA FERTILIZACIÓN

Labor o tratamiento	Días	Kg ó L	Coste unitario		Coste total (€)	Coste/ha (€/ha)
			MO+ MAQ (€/día)	€/ (Kg ó L)		
Urea (febrero)	9	3.291,25	32,92	0,20	954,53	30,14
Ab. Foliar marzo	2	75 kg	68	1,56	598,5	18,90
Aminoácidos		50 l		6,91		
AA mayo	2	40	68	6,91	412,4	13,02
Potasa (octubre)	2	125	68	0,48	196	6,19
TOTAL					2.161,43	68,26

VI.2.6 Coste de la recolección.

Como ya se ha indicado en el apartado VI.1.5, se van a utilizar los datos de la campaña 2001/02. El coste de transporte supuso 0,015 €/kg de aceituna, valor similar al obtenido en otros estudios (CAP, 2003). En cuanto al coste de molturación y limpieza, también conocido como escandallo, se ha considerado un valor de 0,036 €/kg de aceituna, que es el que utiliza la Consejería de Agricultura y Pesca (CAP, 2003) y el Departamento de Estadística de la Delegación de Agricultura y Pesca de Jaén.

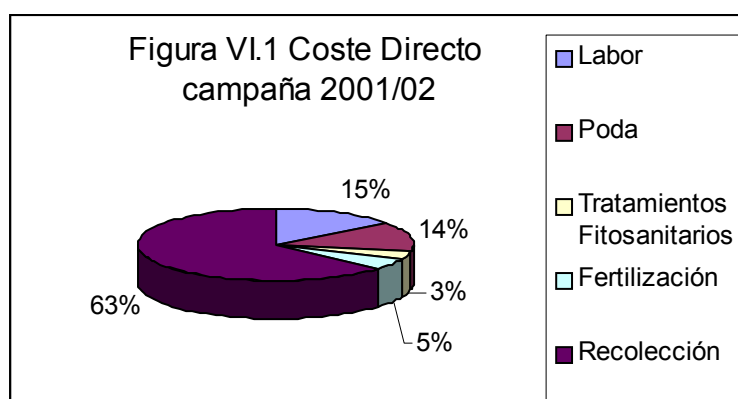
La duración de la recolección fue de 20 jornadas reales de trabajo. El coste podemos verlo en la Tabla VI.6.

Tabla VI.6 COSTE DE LA RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y LIMPIEZA

Jornales	Personal y maquinaria	Coste unitario (€/día)	Coste total (€)	Coste / ha (€/ha)
20	1 Encargado + tractor	35,05	701	22,14
	1 Tractorista + tractor	136	2.720	85,90
	1 Maquinista + vibrador	205	4.100	129,48
	15 Recolectores	33,67	10.101	318,99
Transporte 179.527 kg aceituna		0,015 €/kg	2.692,905	85,04
Limpieza 179.527 kg aceituna		0,036 €/kg	6.462,97	204,10
TOTAL			26.777,88	845,63

VI.2.7 Coste directo total y por hectárea**Tabla VI.7** COSTE DIRECTO

Labores	Coste total (€)	Coste/hectárea (€/ha)	Coste relativo (%)
Manejo del suelo	6.162,96	194,62	14,6
Poda, limpia y desvareto	5.747,17	181,49	13,6
Tratamientos fitosanitarios	1.366,5	43,15	3,2
Fertilización	2.161,43	68,26	5,1
Recolección, transporte y limpieza	26.777,88	845,63	63,5
TOTAL	42.215,94	1.333,15	100



Como vemos, el manejo del suelo representa prácticamente el 15%. Este dato está dentro de los valores estimados por otros estudios del olivar andaluz de secano (Pretel, 2001).

El coste de la poda llega casi al 14%. Nuevamente está dentro de lo estimado por Pretel Garófano en su Trabajo Profesional fin de Carrera, pues aunque este gasto pueda llegar a superar el 20 % en olivares de bajo rendimiento, normalmente ronda el 15% del gasto total.

El coste de los tratamientos fitosanitarios supone el 3,2%, muy cerca del valor estimado por Pretel (2.001), que para olivares con baja pendiente considera que puede ser el 4 ó 5 % del total del coste.

El coste de fertilización es el 5,1%, valor casi idéntico a la media del olivar andaluz (Pretel, 2.001). Este autor determinó que, en el olivar andaluz, este coste puede suponer un valor superior (unos 93 €/ha) para olivares de la capacidad productiva del aquí considerado.

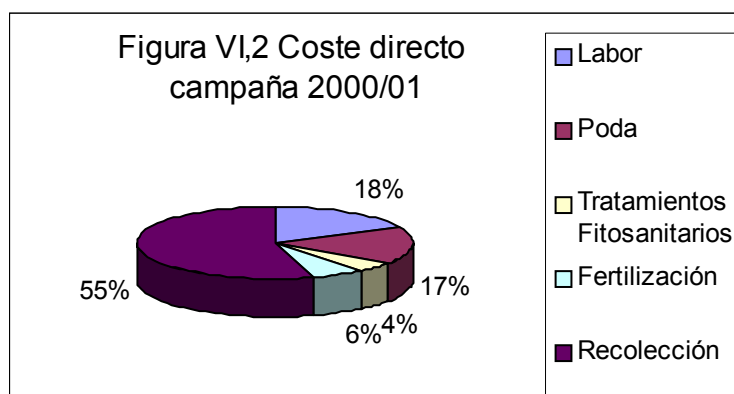
La recolección es, sin duda, la actuación sobre el cultivo más importante desde el punto de vista del coste. En el caso de esta explotación alcanza el 63,5% en la campaña 2001/02. Como muy bien señala Pretel (2.001), normalmente el coste de recolección supone entre el 40 y el 60% de los costes totales; a medida que el rendimiento es mayor, la importancia relativa de la recolección también crece porque el resto de actuaciones no aumentan tanto. Efectivamente, si la cosecha hubiese alcanzado el valor de la campaña precedente (118.721 kg de aceituna), el coste de recolección hubiese sido el que vemos en la Tabla VI.8, teniendo en cuenta que para un rendimiento de casi 4.000 kg/ha el coste de transporte es de 0,016 €/kg de aceituna (CAP, 2003), y que el mismo equipo humano y material necesitó sólo 14 jornadas reales de trabajo, (se describe en el apartado VII.2.4). Así, en la Tabla VI.9 podemos ver que la recolección hubiera significado el 54,5% de los costes directos.

Tabla VI.8 COSTE DE LA RECOLECCIÓN (cosecha 2000/01)

Jornales	Personal y maquinaria	Coste unitario (€/día)	Coste total (€)	Coste / ha (€/ha)
14	1 Encargado + tractor	35,05	490,7	15,50
	1 Tractorista + tractor	136	1.904	60,13
	1 Maquinista + vibrador	205	3.010	90,63
	15 Recolectores	33,67	7.070,7	223,29
Transporte 118.721 kg aceituna		0,016 €/kg	1.899,54	59,99
Limpieza 118.721 kg aceituna		0,036 €/kg	4.273,96	134,97
TOTAL			18.508,89	584,50

Tabla VI.9 COSTE DIRECTO (cosecha 2000/01)

Labores	Coste total (€)	Coste/hectárea (€/ha)	Coste relativo (%)
Manejo del suelo	6.162,96	194,62	18,2
Poda, limpia y desvareto	5.747,17	181,49	16,9
Tratamientos fitosanitarios	1.366,5	43,15	4,0
Fertilización	2.161,43	68,26	6,4
Recolección, transporte y limpieza	18.508,89	584,50	54,5
TOTAL	33.946,95	1.072,02	100



VI.3 Costes indirectos.

Los costes indirectos se deben a los factores de estructura de la empresa que no participan directamente en la producción de aceite de oliva. Entre estos costes se incluyen la remuneración de la gestión de la explotación, el Impuesto de Bienes Inmuebles (I.B.I.), y otros gastos generales y de mantenimiento.

La estimación de los costes indirectos en que incurren las empresas oleícolas es muy difícil, ya que depende de la estructura empresarial y productiva de cada explotación.

El componente más importante del coste indirecto es la remuneración de la mano de obra que participa en tareas generales de la explotación, pero muchas de las tareas de gestión son llevadas a cabo por la propietaria de la explotación, sin salida física de dinero de la explotación, es decir hay coste pero no hay pago. En este caso este coste constituye un coste de oportunidad de la actividad desarrollada por el empresario (propietario), que no está remunerada y que, por lo tanto, forma parte de la ganancia.

Debido a la dificultad de valorar las tareas de gestión, y dado que esta explotación presenta unos costes que se enmarcan perfectamente en el grupo de explotaciones tradicionales de secano con baja pendiente, que han sido valorados recientemente para caracterizar las explotaciones olivareras andaluzas (Pretel, 2.001; CAP, 2003), se ha optado por asignar el mismo coste por unidad de superficie que los estudios antes citados determinaron para las explotaciones de este tipo con una superficie de 25 hectáreas.

Por lo tanto, consideramos que los costes indirectos significan 83 Euros / hectárea.

VI.4 Ingresos.

Los ingresos que se producen en el cultivo del olivar se encuentran vinculados a la producción de aceite. Incluyen los ingresos obtenidos por la venta del aceite de oliva producido y los ingresos procedentes de las ayudas comunitarias al sector del aceite de oliva.

VI.4.1 Ingresos por venta de aceite de oliva.

En el apartado VI.2.6 se decidió incluir como coste directo el procesado y la limpieza de la aceituna, puesto que el producto final del agricultor era el aceite de oliva, en vez de la aceituna. El factor de conversión que relaciona ambos productos es el rendimiento graso industrial (los kg de aceite que la almazara consigue producir a partir de un kg de aceituna). La producción de aceituna, el rendimiento graso y los kilogramos de aceite obtenidos, se describen en el Capítulo VII; concretamente están resumidos en la Tabla VII.1.

El precio de venta del aceite de oliva varía a lo largo del año, en función de los acuerdos entre compradores y vendedores. Depende de la cantidad de aceite almacenado procedente de la campaña anterior y de la producción obtenida en la última campaña, tanto en España, como en el resto de países, principalmente Italia y Grecia. En la determinación del precio también influye la expectativa de la cosecha venidera. Por eso, a finales de mayo, según haya sido el cuajado de frutos, y sobre todo a partir de octubre, cuando se dan a conocer los aforos realizados por las Delegaciones Provinciales de Agricultura y Pesca, tanto los compradores como los vendedores tienen en cuenta estos datos a la hora de fijar los acuerdos comerciales.

Por ese motivo, la práctica habitual en el sector productor es realizar ventas escalonadas a lo largo del año. Una vez que han vendido todo el aceite de la campaña, liquidan a los productores (socios en el caso de sociedades cooperativas) que han llevado sus aceitunas, en función del precio medio obtenido.

El aceite de oliva es un producto que, gracias a sus antioxidantes naturales puede conservarse durante más de un año sin grandes pérdidas de calidad. Aunque no puede asegurarse que la totalidad del aceite producido en una campaña se venda ese mismo año, para realizar el estudio se ha supuesto que la producción de aceite de la campaña 2001/02 se comercializó con el precio medio del aceite de oliva del año 2002.

Por esta razón, se ha optado por recurrir al Sistema de Información de Precios en Origen del Aceite de Oliva (conocido como sistema Pool-Red) que gestiona la Fundación del Olivar. Este sistema contempla el precio de venta de aceite de oliva virgen extra, fino o corriente y lampante, así como la cantidad (en kilogramos) negociados en cada venta (Fundación del Olivar, 2003). El precio medio es el obtenido mediante la media ponderada según la cantidad de todas las operaciones de compraventa para cada calidad y zona de origen, actualizado en función de la fecha de cobro.

Tabla VI.10 PRECIO MEDIO DEL ACEITE DE OLIVA DESDE LA CAMPAÑA 1997/98

Campaña	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02
Precio medio (€/kg)	1,72	2,23	1,80	1,68	1,85

Fuente: Fundación del Olivar. "Sistema Pool"

Estos valores son muy parecidos a los publicados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Según el M.A.P.A., los precios percibidos por los Agricultores, desglosados por comunidades autónomas y provincias, en el caso de Jaén, fueron de 1,69 €/kg (281 ptas/kg) en el año 2.001 (MAPA, 2002b); y de 1,83 €/kg en el año 2.002 (MAPA, 2003b).

Por lo tanto, en el caso de la explotación estudiada, como la producción de aceite en la campaña 2.001/02 fue de 48.504 kg, tenemos unos ingresos por venta del aceite de oliva de $48.504 \text{ kg} \times 1,85 \text{ €/kg} = 89.732,4 \text{ €}$. Al referirlos a la unidad de superficie, resultan unos ingresos de 2.833,71 €/ha.

VI.4.2 Ingresos por subvenciones comunitarias al aceite de oliva.

Como se indicó en el Capítulo I.6, la OCM de materias grasas contempla una ayuda a la producción de la que se benefician los oleicultores pertenecientes a los Estados miembros.

Hasta la campaña 1997/98 existió la figura del pequeño productor, cuya media de producción era inferior a 500 kg de aceite. Para el resto de los productores la Cantidad Máxima Garantizada (CMG) era de 1.350.000 Tm de aceite de oliva. Además existía una deducción del 2,4% para financiar el Registro Oleícola Español (ROE), y hay que tener en cuenta que el tipo medio de cambio del ECU fue de 167,49 pesetas. Ese año la ayuda fue de 128,19 ptas/kg de aceite, que suponen 0,77 euros/kg.

La ayuda actualmente está fijada en 132,25 euros / 100 kg (hasta la campaña 2003/04). Esta ayuda se aplica a una Cantidad Máxima Garantizada (CMG) de aceite de oliva de 1.777.261 Tm por campaña. De esta CMG le corresponde a España una Cantidad Nacional Garantizada (CNG) de 760.027 Tm. La ayuda que percibe cada oleicultor depende de la superación o no de la CNG.

Para el cálculo de la ayuda también hay que tener en cuenta que, tal y como contempla el R(CE) 1638/98, el 1,4% de la ayuda se destina a la financiación de medidas dentro del Programa de Calidad del Aceite de Oliva. Por otra parte, la ayuda se ve incrementada al considerar para cada oleicultor un incremento del 8%, correspondiente al aceite obtenido por el procesamiento del orujo de la aceituna. Finalmente, hay una deducción del 0,8% para financiar las Organizaciones de Productores Reconocida (OO.PP.RR.) que se encargan de tramitar las declaraciones de cultivo y las solicitudes de ayuda de sus socios. La gran mayoría de productores de aceite de oliva están asociados a una O.P.R., así ocurre en el caso de la finca de olivar cuya cuenta de explotación se está describiendo.

El importe de la ayuda a la producción a partir de la campaña 1997/98 puede verse en la Tabla VI.11. Hay que tener en cuenta que en el mes de octubre se fija un anticipo, cuyo importe se publica en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas

(DOCE), que supone el 90% de la ayuda estimada. Posteriormente, en julio del año siguiente, se publica (también en el DOCE) el importe definitivo de la ayuda, en función de la cantidad efectivamente producida en la Unión Europea.

Tabla VI.11 SUBVENCIONES PERCIBIDAS POR LOS OLIVICULTORES DESDE LA CAMPAÑA 1997/98.

Campaña	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02
Subvención (€/kg)	0,77	1,20 (a)	1,40 (b)	1,01 (c)	0,68 (d)

A partir de la campaña 1998/99 es de aplicación el R(CE) 1638/98.

(a) Elaborado a partir del R(CE) 1642/00 de 25-7-00.

(b) Elaborado a partir del R(CE) 1415/01 de 12-7-01.

(c) Elaborado a partir del R(CE) 1271/02 de 12-7-02.

(d) Elaborado a partir del R(CE) 1221/03 de 9-7-03.

VI.4.3 Ingresos totales percibidos.

Al tener en cuenta los ingresos procedentes de las ventas de aceite y los obtenidos mediante la ayuda a la producción, calculamos los ingresos obtenidos por el agricultor.

A partir de las Tablas VI.10 y VI.11 obtenemos los ingresos (por kg de aceite) recibidos por el agricultor, en precios corrientes, durante las cinco campañas estudiadas. Estos datos se reflejan en la Tabla VI.12.

En la Tabla VI.13 se indican los ingresos obtenidos por unidad de superficie por la titular de la explotación. También se refieren a precios corrientes.

Tabla VI.12 PRECIO PERCIBIDO DESDE LA CAMPAÑA 1997/98 A 2001/02 POR KG DE ACEITE

Campaña	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02
Precio de venta del aceite (€/kg)	1,72	2,23	1,80	1,68	1,85
Subvención (€/kg)	0,77	1,20	1,40	1,01	0,68
Ingresos unitarios (€/kg)	2,49	3,43	3,20	2,69	2,53

Tabla VI.13 INGRESOS OBTENIDOS DESDE LA CAMPAÑA 1997/98 A 2001/02 POR UNIDAD DE SUPERFICIE (HECTÁREA).

Campaña	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02
Producción de aceite (kg)	26.294	36.332	14.346	29.144	48.504
Ingresos unitarios (€/kg)	2,49	3,43	3,20	2,69	2,53
Ingresos totales (€)	65.472,06	124.618,76	45.907,2	78.397,36	122.715,12
Ingresos por hectárea (€/ha)	2.067,58	3.935,41	1.449,73	2.475,76	3.875,96

VI.5 Margen neto de la explotación.

El margen neto viene dado por la diferencia entre los ingresos totales percibidos y los costes de cultivo totales (directos e indirectos) en los que se incurre.

En la Tabla VI.14 podemos ver la diferencia entre los ingresos y los costes que tuvo la explotación en las campañas 2000/01 y 2001/02, expresados en precios corrientes.

Tabla VI.14 MARGEN NETO DE LA EXPLOTACIÓN

Campaña	2000/01	2001/02
Ingresos totales (€/ha)	2.475,76	3.875,96
Gastos totales (€/ha)	1.155,02	1.416,15
Margen neto (€/ha)	1.320,74	2.459,81

CAPÍTULO VII
TOMA DE DATOS

VII. TOMA DE DATOS

VII.1 Equipos GPS y programas informáticos utilizados.

VII.1.1 Cosecha de la campaña 1997/98

Se utilizaron dos receptores G.P.S. “Leica System 200”, propiedad de la Universidad de Jaén. Debido a la Disponibilidad Selectiva, que existió hasta el 1 de mayo de 2000, era imprescindible el empleo de ambos equipos para obtener las medidas en código diferencial y así lograr una precisión submétrica.

Uno de ellos actuó como estación de referencia y fue estacionado en un punto fijo, emplazado en la azotea de la edificación existente en el interior de la finca, y así evitar sombreamientos en la recepción de los satélites. El otro receptor se fue desplazando por el interior de la finca para tomar las coordenadas de cada punto. En total fueron georreferenciados 99 puntos.

Ambos equipos recibían, de un modo simultáneo, las señales de los mismos satélites. No se usaron las coordenadas absolutas GPS que ofrece el sistema, sino la diferencia de coordenadas entre las antenas de ambos receptores.

La gran ventaja del posicionamiento relativo es que, como los errores de observación son muy similares, o comunes en ambos puntos, la repercusión en los incrementos de coordenadas se minimizan.

Posteriormente estos datos se procesaron con la ayuda del programa informático “SKI de Leica”, para depurar los errores debidos a las condiciones atmosféricas y a la Disponibilidad Selectiva.

VII.1.2 Cosecha de la campaña 1998/99

Para la referenciación geográfica de los datos de la recolección se usó un equipo G.P.S. móvil “Novatel modelo 501” de la Delegación Provincial de Agricultura y Pesca

de Jaén, que tenía integrado un equipo TopSat de captura y grabación de datos, así como la estación de referencia ubicada en el edificio de dicha Delegación. En dicha estación los datos se grababan en el formato normalizado RINEX (“Receiver Independent Exchange Format”), que es un formato desarrollado en 1.989 por el Instituto Astronómico de la Universidad de Berna para permitir, de una manera sencilla, el intercambio de datos entre receptores GPS.

Durante la realización del trabajo se grabaron de manera simultánea datos GPS en campo con el equipo móvil y datos GPS con la estación de referencia. Los datos del equipo móvil se grababan en una tarjeta PCMCIA, mientras que los de la estación de referencia lo hacían en el disco duro de un ordenador y, posteriormente, se volcaron en un disco magneto-óptico.

Una vez tomados los datos, se cogían la PCMCIA y el disco magneto-óptico con los datos grabados y se realizaba el procesado en gabinete con el programa “Geotec”, para eliminar los errores debidos a las condiciones atmosféricas y a la disponibilidad selectiva.

VII.1.3 Análisis foliar del verano de 1999.

Para la referenciación geográfica de los puntos donde se tomaron las muestras, también se empleó el equipo G.P.S. móvil “Novatel modelo 501” de la Delegación Provincial de Agricultura y Pesca de Jaén, así como la estación de referencia ubicada en el edificio de dicha Delegación. Los datos se procesaron con el programa “Geotec”, para eliminar los errores.

VII.1.4 Cosecha de la campaña 1999/00.

Se utilizó un equipo de la Universidad de Jaén. El equipo móvil fue un receptor G.P.S. “Leica System 300”, y la estación de referencia estaba ubicada en la Escuela Politécnica Superior de dicha Universidad.

Con el equipo móvil se realizó un levantamiento de los puntos de cosecha, del tipo “Stop and Go”. Los datos quedaban almacenados en una tarjeta de tipo PCMCIA. Posteriormente estos datos se procesaron con la ayuda del programa informático “SKI de Leica”.

VII.1.5 Análisis foliar del verano de 2000.

El equipo utilizado pertenecía al Instituto de Agricultura Sostenible, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, con sede en Córdoba.

Las características del equipo utilizado son: DGPS PRO XRS de la casa Trimble, con receptores de correcciones diferenciales en tiempo real desde radiofaros y satélites integrados. La precisión es centimétrica, y las coordenadas UTM las daba el GPS directamente, ya que se definieron el tipo de coordenadas que preferíamos.

El software que tenía el GPS era el “Pathfinder Office”, que es compatible con varios Sistemas de Información Geográficos, CAD y entorno Microsoft Windows, de manera que los datos tomados en campo con ayuda del GPS se pueden exportar a estos tipos de programas y trabajar directamente sobre ellos.

VII.1.6 Cosecha de la campaña 2000/01.

Se empleó el mismo equipo “Leica System 300” que en la campaña 1999/00. La estación de referencia estaba ubicada en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Jaén y los datos se procesaron utilizando el programa “SKI de Leica”.

VII.1.7 Cosecha de la campaña 2001/02.

Como equipo móvil se empleó un G.P.S Garmin 12CX, pues la Disponibilidad Selectiva no estaba activada y la precisión que se consigue con este modelo es suficiente para definir los centroides de las zonas de cosecha.

Para la representación de los datos se utilizó el programa “GPS Trackmaker for Windows, versión 11.2” © Ferreira (2001).

VII.1.8 Modelo Digital del Terreno

Se utilizaron tres equipos GPS “Leica System 300” de la Universidad de Jaén. Uno de los equipos actuó como estación de referencia. Para ello se situó en un punto cercano a la entrada de la casa, marcando su posición con una punta metálica clavada en el suelo. No se emplazó en la azotea de la casa, debido a que la edificación presenta un estado ruinoso. El lugar escogido presentaba una buena visibilidad, para evitar obstáculos que pudiesen bloquear la recepción de la señal de los satélites.

Los otros dos receptores GPS actuaron como equipos móviles, desplazándose por toda la finca. Uno de ellos fue manejado por Juan Manuel Navarro Sánchez, como parte de su Proyecto Fin de Carrera de los estudios de Ingeniería Técnica en Topografía, y el otro por mí.

Los datos se procesaron con el programa informático “SKI de Leica”.

VII.2 Toma de datos de cosecha.

En otros cultivos, tales como el trigo, maíz o soja, para monitorizar la cosecha existen sensores que pueden instalarse en la cosechadora, y almacenan cada dato junto con la posición dada por el receptor G.P.S. Así, en 1998, se utilizaron en EE.UU. aproximadamente 25.000 monitores de rendimiento de la cosecha, y significaron que cerca del 18% de la superficie de cereales y oleaginosas fueron cosechadas con monitores de rendimiento en el “Corn Belt” —Cinturón del Maíz— norteamericano (Lowenberg DeBoer, 2001). Este porcentaje ascendió al 30% en el año 2.000 en ese mismo país (Ess, 2002).

Sin embargo, en los cultivos hortícolas o frutales es más difícil desarrollar un sensor adecuado. Así ocurre en el caso del olivar de almazara, pues la recolección se realiza ora mediante el tradicional vareo, ora mediante vibradores de troncos multidireccionales, y posterior recogida de los mantones, así como la recolección manual de la aceituna caída del suelo.

Por todo ello la cuadrilla de recolección iba acompañada por un tractor dotado de una pala cargadora y un remolque. El tractor se situaba aproximadamente en el centro de la zona que se estaba recogiendo, la cual comprendía 20 ó 30 árboles, según la mayor o menor cosecha que éstos presentaban. Este método es similar al utilizado para algunos cultivos hortícolas (Righetti¹, 1997) y cítricos (Whitney et al., 1998; Schueller et al., 1999).

Conforme la cuadrilla iba recogiendo el árbol, llenaba unas cajas con los frutos recolectados, y a su vez las cajas eran volcadas en la pala del tractor; o bien directamente se volcaba en la pala toda la aceituna recogida en el mantón. Véase la Figura VII.1. Cuando la pala estaba llena se echaban los frutos en el remolque. Este proceso se repetía tantas veces como fuese necesario, hasta que finalizaba la recolección en esa zona. Antes de abandonar el punto, se marcaba la posición con una estaca de madera que se clavaba en el suelo. El encargado de la finca marcaba en la estaca el dato de la cosecha acumulada, la fecha y el número de orden relativo que ocupaba ese punto en el día de la fecha. Véase la Figura VII.2. Posteriormente se tomaba la posición con el receptor G.P.S. Cada año también se tomaron tres puntos de referencia (uno de ellos cerca de la edificación existente, y los otros dos en las intersecciones entre los límites de las parcelas y el camino), para detectar posibles desviaciones de los datos.

Inicialmente se estimó que el peso de las aceitunas que contenía cada pala era de unos 300 kilogramos. Dado que éste era un dato aproximado, que además podía variar en cada campaña debido a que cambió el tractorista, y que para la campaña 2000/01 y la siguiente se le añadió un suplemento a la pala para aumentar su capacidad, se corrigió el dato una vez que se conoció la cantidad final de aceituna entregada por el titular en la almazara. Así, dividiendo la cosecha global entre el número de palas que se utilizaron, tenemos el valor unitario (en kilogramos de aceituna) para cada pala en las cinco campañas que se estudiaron. Éste método es más fiable que el que describieron en sus artículos Whitney et al. (1998) y Schueller et al. (1999) para los datos de cosecha de cítricos.

Los datos de cosecha de las cinco campañas se han integrado en un Sistema de Información Geográfico (S.I.G.). Se ha utilizado el programa MapInfo © Professional 6.5.

VII.2.1 Campaña 1997/98.

La recolección comenzó el 20 de diciembre de 1997 y finalizó el 1 de febrero de 1998. En total fueron 33 días de trabajo efectivo, debido a las interrupciones por la lluvia y al descanso en algunos días de fiesta, como Navidad y Año Nuevo. En algunas zonas de la finca no hubo cosecha alguna, como es el caso de gran parte de la mitad Sur de la parcela 207.

Se siguió el método tradicional de recolección, mediante vareo de los árboles para hacer caer la aceituna al suelo, el cual había sido previamente cubierto con un mantón. La aceituna que ya estaba en el suelo era recogida de forma manual y se echaba a unas cajas.

En total fueron georreferenciados 99 puntos. La cosecha real fue de 132.198 kilogramos de aceituna. Como la pala cargadora del tractor se llenó 399 veces, cada pala tuvo una media de 331,3 kg de aceituna. La cosecha de aceituna, una vez molturada, produjo 26.294 kg de aceite. El rendimiento graso fue, por tanto, del 19,89% (por cada 100 kg de aceitunas se obtuvieron 19,89 kg de aceite).

VII.2.2 Campaña 1998/99.

La recolección comenzó el 1 de diciembre de 1998 y finalizó el 8 de febrero de 1999. Las jornadas reales de trabajo fueron 55, sólo interrumpidas por la lluvia y algunos días festivos. También se hizo mediante el método tradicional de vareo, como en la campaña anterior.

¹ Citado por Alcalá Jiménez et al. (1998b) y Schueller et al. (1999)

La cosecha fue mejor que el año precedente, alcanzando 150.787 kg de aceituna; que, una vez molturada se convirtió en 36.332 kg de aceite (con un rendimiento graso medio del 24,09%).

Fueron georreferenciados 110 puntos. La pala cargadora del tractor se llenó 518 veces, correspondiendo a cada pala 291,1 kg de aceituna, como media.

VII.2.3 Campaña 1999/00.

Fue la peor cosecha de las cinco estudiadas, sólo 51.046 kg de aceituna, que produjeron 14.346 kg de aceite, gracias a que el rendimiento graso fue alto (28,10%).

La recolección comenzó el día 7 de enero de 2000 y concluyó el 21 de enero de 2000. En la recolección se necesitaron muy pocos días, respecto a las campañas precedentes, porque la cosecha fue escasa y además comenzó a utilizarse un vibrador de troncos. Por eso, aunque el vibrador estuvo averiado varios días, sólo se emplearon 11 jornadas reales de trabajo, al descontar dos domingos y dos días de lluvia.

Sólo se necesitaron 151 palas, correspondiendo 338,1 kg de aceituna por pala, lo cual es un valor muy parecido al del primer año. Se tomaron las referencias geográficas de 36 puntos, correspondientes a las zonas que se cosecharon. Gran parte de la parcela 207 no tuvo cosecha.

VII.2.4 Campaña 2000/01.

La recolección empezó el día 6 de febrero de 2001 y finalizó el 21 de febrero del mismo año. Sólo se necesitaron 14 días efectivos de trabajo, ya que el día 8 la lluvia impidió el trabajo y el día 18, domingo, la cuadrilla descansó. Para la recolección se empleó el vibrador de troncos. Debido a la ausencia de averías del mismo, aunque la cosecha fue más del doble que la campaña 1999/00, la duración de la recolección fue casi la misma.

En total se recogieron 118.721 kg de aceituna que, una vez molturados, significaron 29.144 kg de aceite de oliva (el rendimiento graso fue del 24,55%). Se necesitaron 247 palas, con una peso unitario de 480,6 kg de aceituna.

Este año se añadió un suplemento a la pala del tractor, para aumentar su capacidad. Debido a una enfermedad, el encargado de la finca estuvo hospitalizado, es por lo que el llenado de la pala y la colocación de las estacas para marcar la posición fueron controlados por el tractorista. Ésta es la razón por la cual la capacidad unitaria de cada pala difiere de la que se obtuvo el año siguiente, cuando el encargado volvió a ser el responsable de decidir el llenado de las palas. En todo caso, dado que una misma persona, dentro de una misma campaña, se encargó de marcar las posiciones de todas las palas recogidas y que el dato de la capacidad de cada pala se ha obtenido a partir de la cosecha real, los datos de distribución de la cosecha en cada zona de la finca son fiables.

VII.2.5 Campaña 2001/02.

La recolección se realizó entre los días 16 de enero y 9 de febrero de 2003, ambos inclusive. Las jornadas reales de trabajo fueron 20. Se utilizó un vibrador de troncos multidireccional, que además contó con el apoyo de dos operarios que realizaban simultáneamente el vareo de las ramas a las que llegaba peor la vibración. La aceituna caía en el mantón situado debajo de la copa del olivo, y desde allí se volcaba en la pala del tractor, al igual que en las campañas anteriores. La aceituna que estaba en el suelo era recogida posteriormente de forma manual.

Esta cosecha fue la mejor de las cinco estudiadas, alcanzando 179.527 kg de aceituna. Además el rendimiento graso fue excelente: el 27,02%; por lo que se obtuvieron 48.504 kg de aceite de oliva.

Se tomaron las referencias de 67 puntos, y en total se necesitaron 324 palas, según el encargado de la finca. Como ya dijimos, se había añadido un suplemento a la pala del tractor en la campaña anterior, por lo que a cada pala le correspondió una media de 554,1 kg de aceituna.

En la Tabla VII.1 se puede ver un resumen de la cosecha de las cinco campañas estudiadas. Incluye los datos de los kilogramos de aceituna recolectados, el aceite obtenido en la almazara y el rendimiento graso.

Tabla VII.1 COSECHA DE ACEITUNA Y ACEITE

Campaña	Aceituna (kg)	Rend. Graso (%)	Aceite (kg)
1997/98	132.198	19,89	26.294
1998/99	150.787	24,09	36.332
1999/00	51.046	28,10	14.346
2000/01	118.721	24,55	29.144
2001/02	179.527	27,02	48.504

VII.3 Toma de muestras para los análisis foliares.

El muestreo debe realizarse en una época en la que las concentraciones de los elementos en hoja sean estables. Esto sucede en olivo tanto en el mes de julio como durante el reposo invernal; sin embargo, distintos estudios desaconsejan la toma de muestras en invierno.

Las hojas que deben muestrearse para el análisis son aquellas totalmente expandidas, procedentes de brotes sin frutos y de una edad comprendida entre los 3 y los 5 meses. Esto sitúa el muestreo en el mes de julio, y deben tomarse hojas de brotes del año en posición media a basal que contengan peciolo (Fernández-Escobar, 1997).

En ese periodo y sobre ese tipo de hojas están establecidos los niveles críticos de nutrientes que se recogen en la Tabla VII.2, y que sirven para comparar los resultados analíticos de la muestra.

Tabla VII.2 NIVELES CRÍTICOS DE NUTRIENTES

Elemento	Deficiente	Adecuado	Tóxico
Nitrógeno, N (%)	1,4	1,5 –2,0	--
Fósforo, P(%)	0,05	0,1 – 0,3	--
Potasio, K (%)	0,4	> 0,8	--
Calcio, CA (%)	0,3	> 1	--
Magnesio, Mg (%)	0,08	> 0,1	--
Manganeso, Mn (ppm)	--	> 20	--
Cinc, Zn (ppm)	--	> 10	--
Cobre, Cu (ppm)	--	> 4	--
Boro, B (ppm)	14	19 – 150	185
Sodio, Na (%)	--	--	> 0,2
Cloro, Cl (%)	--	--	> 0,5

Fuente: Fernández-Escobar (1997)

El análisis foliar resulta *excelente* para detectar deficiencias de Magnesio (Mg), Manganeso (Mn), **Fósforo (P)** y **Potasio (K)**, así como excesos de sodio (Na), Cloro (Cl) y **Boro (B)**.

Es *bueno* para detectar deficiencias de **Boro (B)** y **Nitrógeno (N)**.

Es *regular* para interpretar los niveles de Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Calcio (Ca).

Es *malo* para el **Hierro (Fe)**, pues este elemento se acumula en las hojas aún en condiciones de deficiencia.

Según los citados autores, cada muestra debe contener al menos 100 hojas tomadas de varios árboles. Las hojas se toman de la parte central a basal de brotes del año situados a la altura del hombro. Es conveniente que las hojas provengan de brotes situados en distintas orientaciones y que cada hoja tenga su peciolo.

No deben tomarse hojas de árboles atípicos, con síntoma de enfermedad, salvo si se quiere diagnosticar el problema, en cuyo caso deben constituir una muestra distinta.

Las hojas deben introducirse en una bolsa de papel, guardadas en una nevera portátil y enviadas rápidamente al laboratorio para su análisis. Si no se pueden enviar en unos días, se deben conservar en frigorífico, protegidas de la luz solar y en sitio seco para evitar la proliferación de hongos.

En nuestro estudio se respetaron todas las normas anteriormente descritas.

En cada muestra se tomaron 100 hojas, procedentes de 4 olivos (25 hojas / olivo). El número total de muestras fue 42. Cada punto de muestreo estaba constituido por 4 olivos agrupados, de porte y aspecto semejante.

Las 25 hojas / olivo procedían de los 4 puntos cardinales del árbol. Se tomaron las hojas con peciolo, bien desarrolladas, de la parte central de los brotes más jóvenes (de la primavera anterior), situados a media altura en la parte externa del árbol.

La toma de muestras se realizó durante la primera quincena del mes de julio de 1999 y de 2000. En ambas fechas los olivos muestreados fueron los mismos.

Después del muestreo las hojas se llevaron rápidamente al Instituto de Agricultura Sostenible de Córdoba, con el cual se había llegado a un acuerdo de colaboración. Allí se guardaron en un frigorífico y se enviaron a la empresa Fertiberia, que se encargó de la realización de los análisis.

Se determinaron los contenidos de Nitrógeno (en %), Fósforo (en %), Potasio (en %), Hierro (en partes por millón) y Boro (en partes por millón).

Ya hemos mencionado que el análisis foliar es inadecuado para el Hierro, pero el precio del análisis era idéntico se incluyera o no este elemento, además de N, P, K y B. Por ello se optó por disponer de ese dato.

Con los datos del análisis foliar se utilizó el programa “Surfer © 7.0”. Para obtener estimaciones estadísticas no sesgadas de las variaciones en el espacio, a partir de los

puntos cuyo valor se conoce, se utilizó el método de interpolación denominado krigeado. El modelo de variograma utilizado fue el lineal, pues aunque existe un estudio específico que recomienda el variograma esférico (López Granados et al., 2003, en prensa) los resultados no difieren en el nivel en que estamos trabajando.

Los datos del análisis foliar, al igual que los de la cosecha, se han integrado en un S.I.G. Se ha utilizado el programa MapInfo © Professional 6.5.

VII.4 Modelo digital del terreno.

Los modelos digitales del terreno (MDTs) son representaciones de la distribución espacial que representa una cualidad, natural o no, en un formato numérico de datos, susceptible de ser tratado mediante ordenador. Esa cualidad o variable debe ser cuantitativa y continua, pudiendo ser de diversa naturaleza, aunque la más frecuente es la elevación o cota de los puntos sobre un nivel de referencia, denominándose en este caso Modelo Digital de Elevación del Terreno, MDTE (Aguilar et al., 2002).

La naturaleza digital y simbólica de los MDT permite una elevada precisión en la descripción de los procesos, pero no garantiza la exactitud de los resultados. En efecto, un modelo es necesariamente una descripción aproximada, que, en último término, se construye mediante la aplicación de unos supuestos más o menos adaptados a la realidad, pero que nunca pueden ser exactos (Felicísimo, 1994).

Uno de los métodos de interpolación más usual es el krigeado (“kriging” en la bibliografía anglosajona) Se trata de un método de interpolación exacto y local que, para calcular el valor estimado de un punto no muestral, pondera el peso de cada punto muestral en función de la distancia entre ambos puntos.

La toma de datos se realizó durante los días 26 y 27 de mayo de 2001. En total se tomaron 563 puntos, distribuidos en 33 cadenas. Se tomó especial atención en fijar el perímetro de la finca, el camino que separa las dos parcelas y una cárcava de erosión producida por la escorrentía del agua. En el resto de la finca se tomaron puntos cada 4 olivos.

Se utilizó el método denominado “Stop and Go”. Es un método semicinemático, en el que uno de los receptores, el de referencia, trabaja bajo misión estática, mientras que el receptor móvil trabaja bajo las siguientes características: posicionamiento postproceso, sistema de medida de fase de la onda portadora en L1 y/o L2, y modo de posicionamiento relativo (Enríquez, 2003).

En el método “Stop and Go”, la observación tiene dos partes claramente diferenciadas:

- Inicialización: Se hace necesario resolver las ambigüedades, mediante un estático rápido de unos quince minutos de observación dependiendo de la distancia entre los receptores.
- Itinerario: Una vez resueltas las ambigüedades, comenzamos la cadena. Nos desplazamos a un punto y medimos durante 2 ó 3 épocas. A continuación nos desplazamos hasta el siguiente punto y repetimos el proceso. Al realizar la cadena existen limitaciones por la necesidad de no interponer obstáculos entre antena y satélite ya que se puede perder la señal si algún satélite tiene una baja elevación, lo cual provocaría que se arrastraran los errores de la medición a los siguientes puntos.

Las principales características del método (Enríquez, 2003) son:

1. Es el método más rápido para levantamientos topográficos.
2. El receptor móvil, al igual que el de referencia, debe mantener el contacto, al menos, con cuatro satélites comunes.

En la realización del presente MDT, para procurar una buena precisión en las medidas, se decidió esperar 20 minutos en la inicialización, medir durante 3 épocas y limitar las cadenas a unos 14 puntos.

Los datos obtenidos después del procesado, fueron introducidos en el Programa Surfer 7.0 (Golden, 1999). Este programa permite almacenar los datos interpolados en un formato tipo GRID (malla rectangular), cuyo tamaño puede definir el usuario. En

nuestro caso empleamos mallas con un equiespaciamiento de 20 metros tanto en la dirección X, como en la dirección Y. El programa utilizado también permite la generación y visualización de la superficie modelizada, así como su exportación al Sistema de Información Geográfico MapInfo.

En la página siguiente podemos ver las Figuras VII.1 y VII.2, anteriormente citadas en el apartado VII.2.

Figura VII.1 PALA DEL TRACTOR CON ACEITUNA



Figura VII.2 ESTACA CON DATOS DE COSECHA



RESULTADOS

CAPÍTULO VIII
MODELO DIGITAL DEL TERRENO

VIII. MODELO DIGITAL DEL TERRENO

En el Capítulo V, relativo a la elección, localización y descripción de la finca, se incluía un fragmento del Mapa Topográfico de Andalucía 1:10.000 (Figura V.5). Para definir mejor la explotación donde se tomaron los datos de campo, se decidió realizar un Modelo digital de Elevación del Terreno, para lo cual se tomaron las referencias geográficas de 563 puntos, tanto las coordenadas en los Ejes X e Y, como la cota Z. En el Capítulo VII.4 se ha descrito cómo se realizó el MDT.

En las siguientes figuras podemos observar la representación del Modelo Digital del Terreno, ajustado a la explotación objeto de estudio. Tanto los datos de elevaciones, como los de pendientes, se integraron en el S.I.G. para estudiar las posibles relaciones entre la altitud y la pendiente con los mapas de cosecha y con los mapas de distribución de nutrientes, con el objetivo de caracterizar zonas homogéneas de la explotación desde el punto de vista técnico y económico.

La Figura VIII.1 muestra un mapa topográfico del paraje donde se encuentra la finca. Como vemos, presenta mayor detalle que la Figura V.5. Para la malla (o “grid”) del krigeado se utilizó una separación de 20 metros. Esta es la separación que se ha considerado en todos los datos que se han integrado en el SIG. Con trazo suave se aprecia la cuadrícula que forma la malla.

La Figura VIII.2 representa un modelo tridimensional de la zona. Se han marcado las curvas de nivel que aparecían en la Figura VIII.1 para facilitar la comprensión del relieve.

La Figura VIII.3 muestra el mapa de curvas de nivel exclusivamente de la explotación. Comparando con las Figuras V.5 y VIII.1 podemos ver cómo se encuadra la finca en el paraje. En esta figura podemos apreciar la cárcava de erosión que se describió en el Capítulo V.4.

La Figura VIII.4 representa en tres dimensiones el paisaje ondulado de la explotación.

La Figura VIII.5 muestra el mapa de pendientes de la zona. El programa Surfer 7.0 tiene la opción de calcular la pendiente del terreno en los nodos que se hayan definido (en nuestro caso cada 20 metros), mediante el cálculo de la primera derivada. Los resultados se expresan en grados sexagesimales, desde 0 (horizontal) a 90 (vertical). Para cada punto particular de la superficie, la pendiente indica la dirección de la máxima pendiente. En la superficie estudiada el gradiente de dirección va cambiando y permite su representación mediante un mapa de isolíneas (líneas en las que el identificador se sustituye por el valor de la variable), en el que cada línea une los puntos con igual pendiente. Para facilitar la interpretación de la figura, se representan en color azul claro las isolíneas de menor pendiente; y conforme aumenta la pendiente, el color va pasando a azul oscuro y finalmente a morado.

La Figura VIII.6 representa el mapa de pendientes de la finca exclusivamente.

Figura VIII.1 MODELO DIGITAL DE LA ZONA

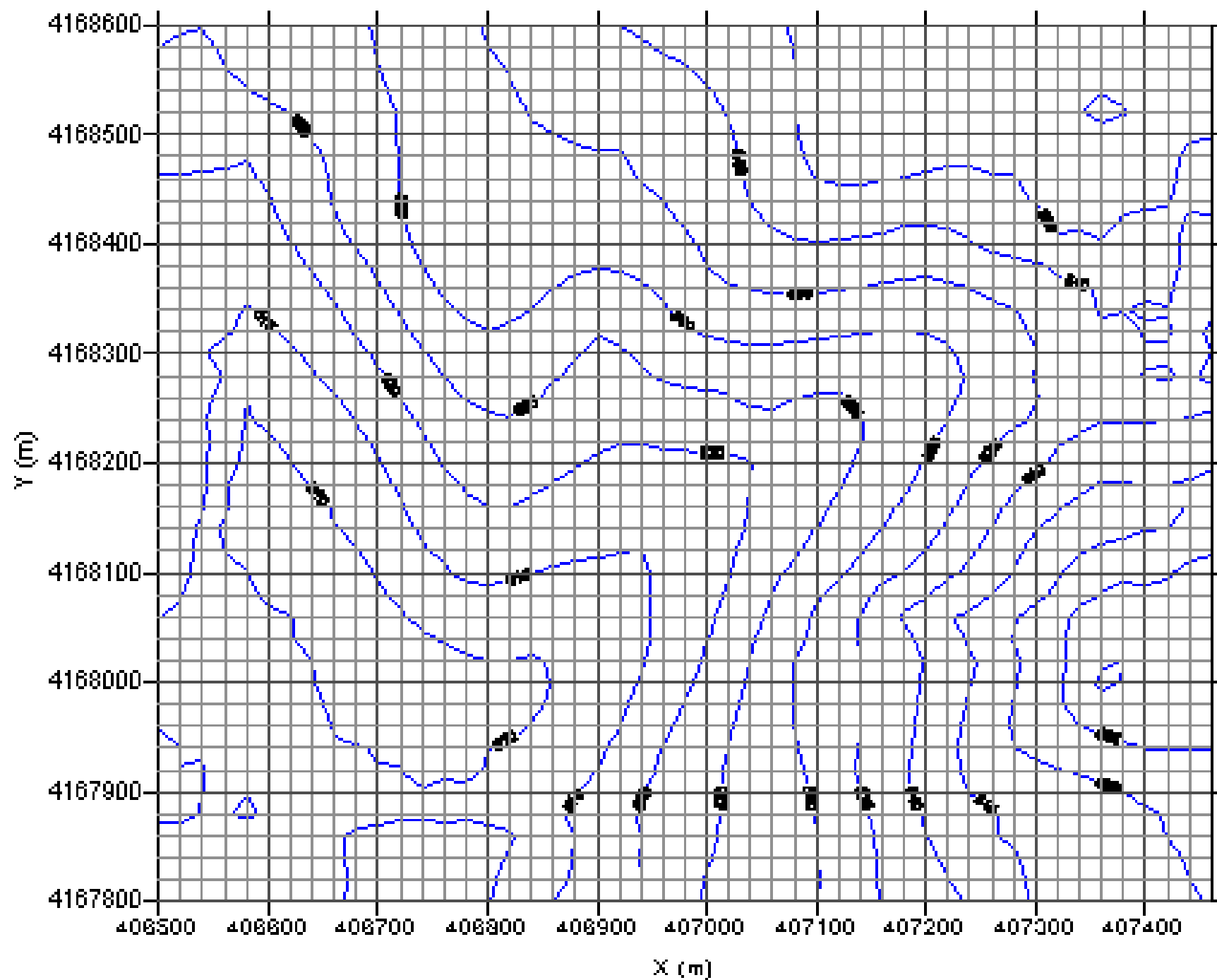


Figura VIII.2 MODELO TRIDIMENSIONAL DEL RELIEVE

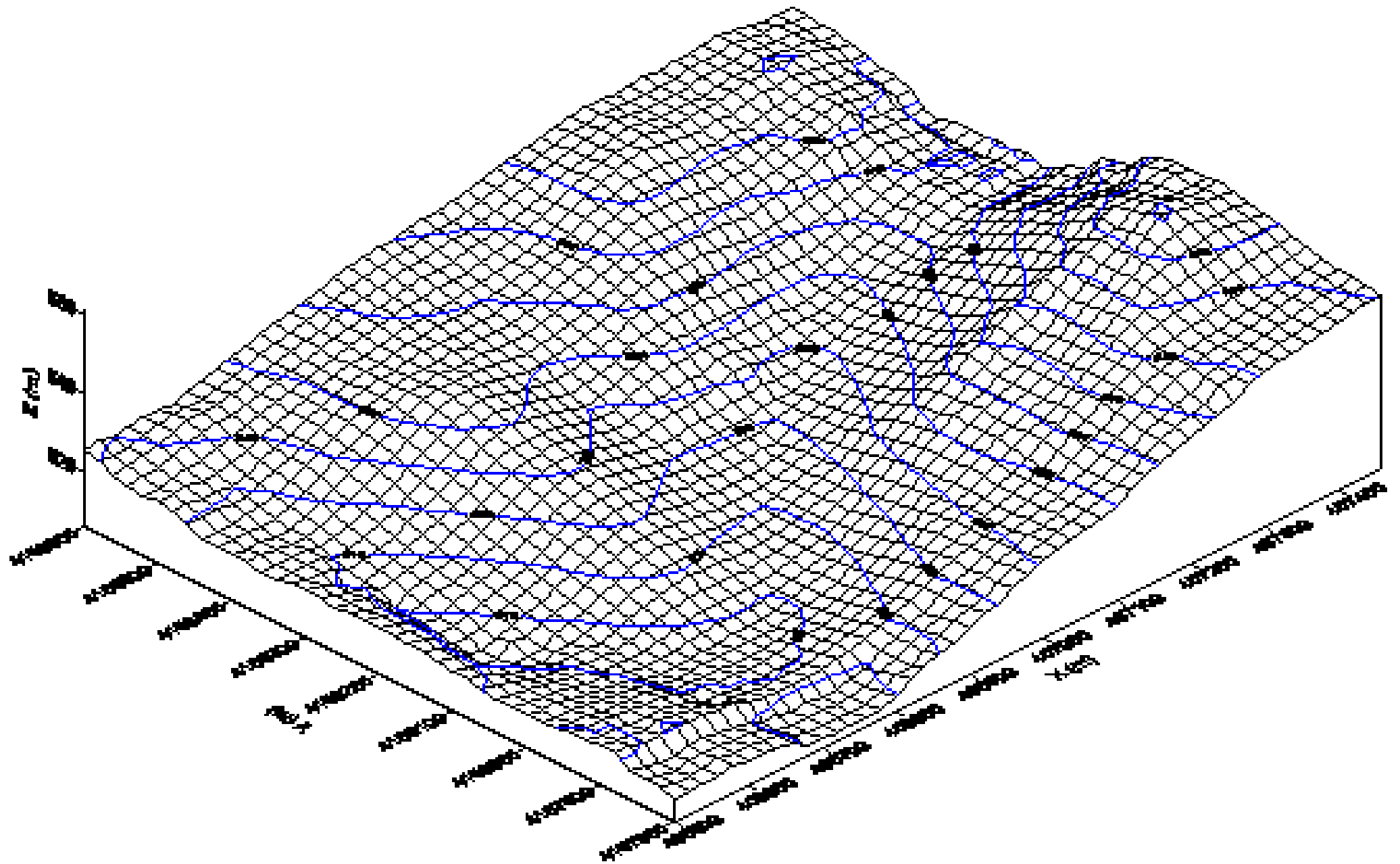


Figura VIII.3 CURVAS DE NIVEL DE LA EXPLOTACIÓN

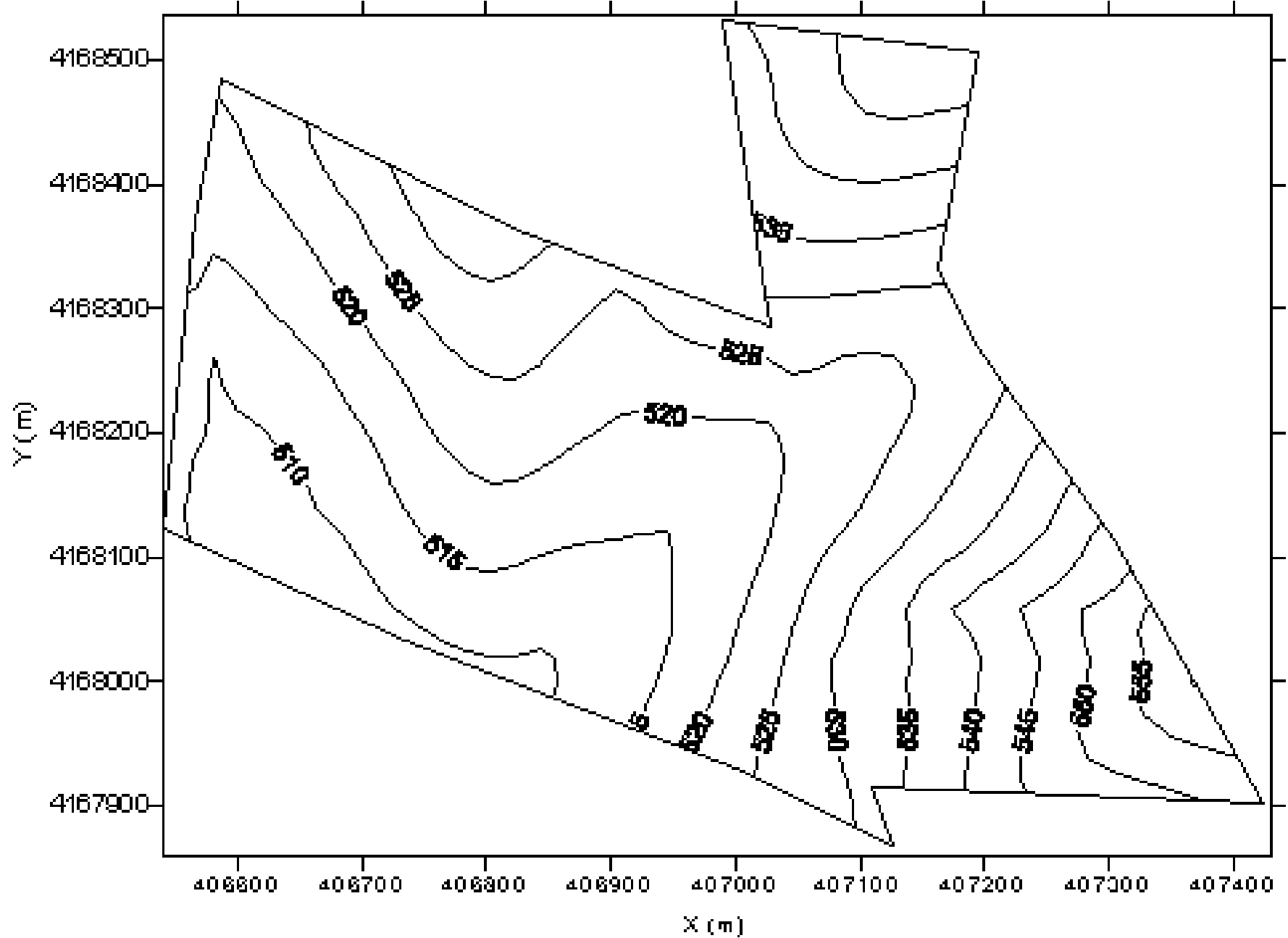


Figura VIII.4 MODELO IRIDIMENSIONAL DE LA FINCA

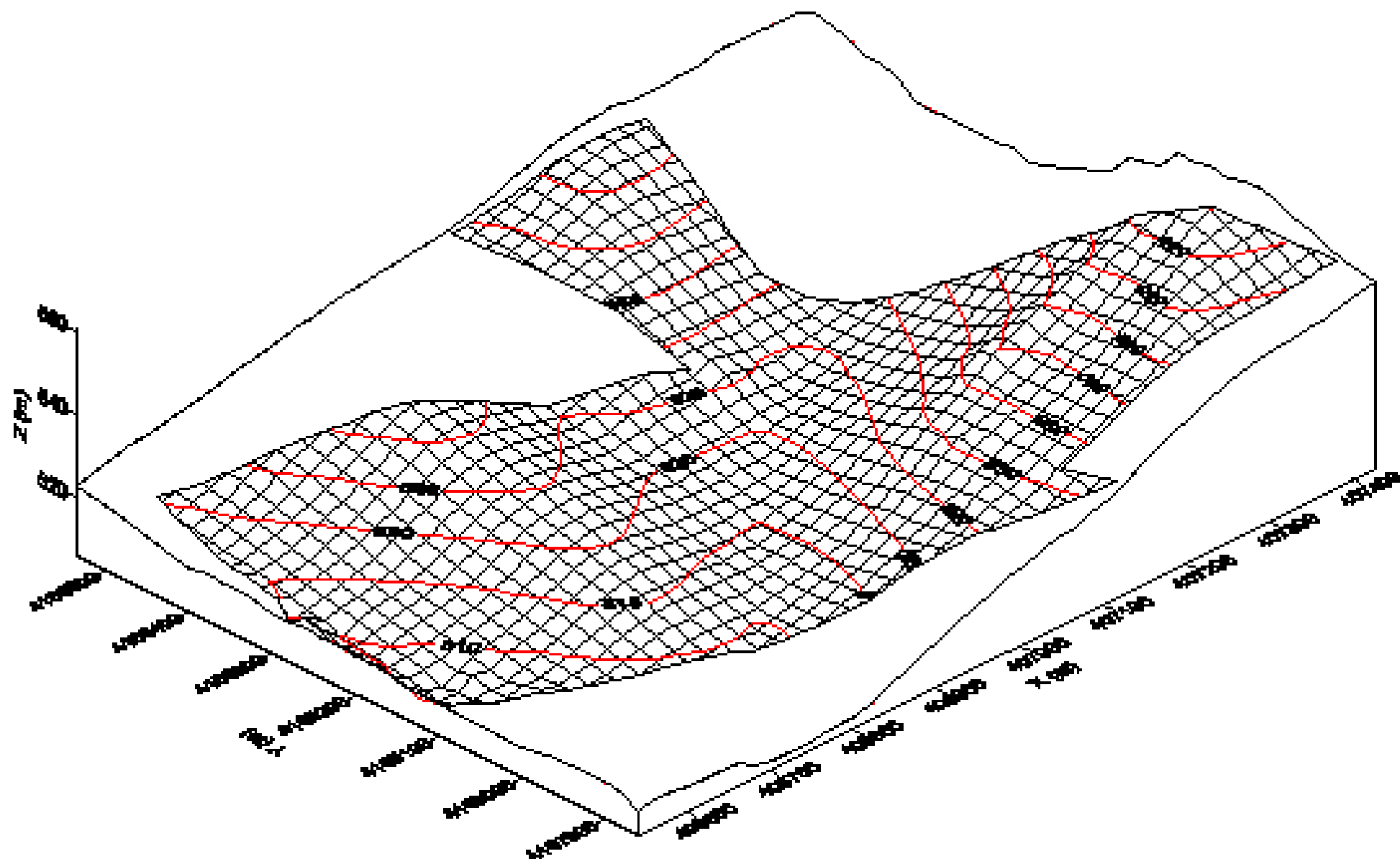


Figura VIII.5 MAPA DE PENDIENTES DE LA ZONA

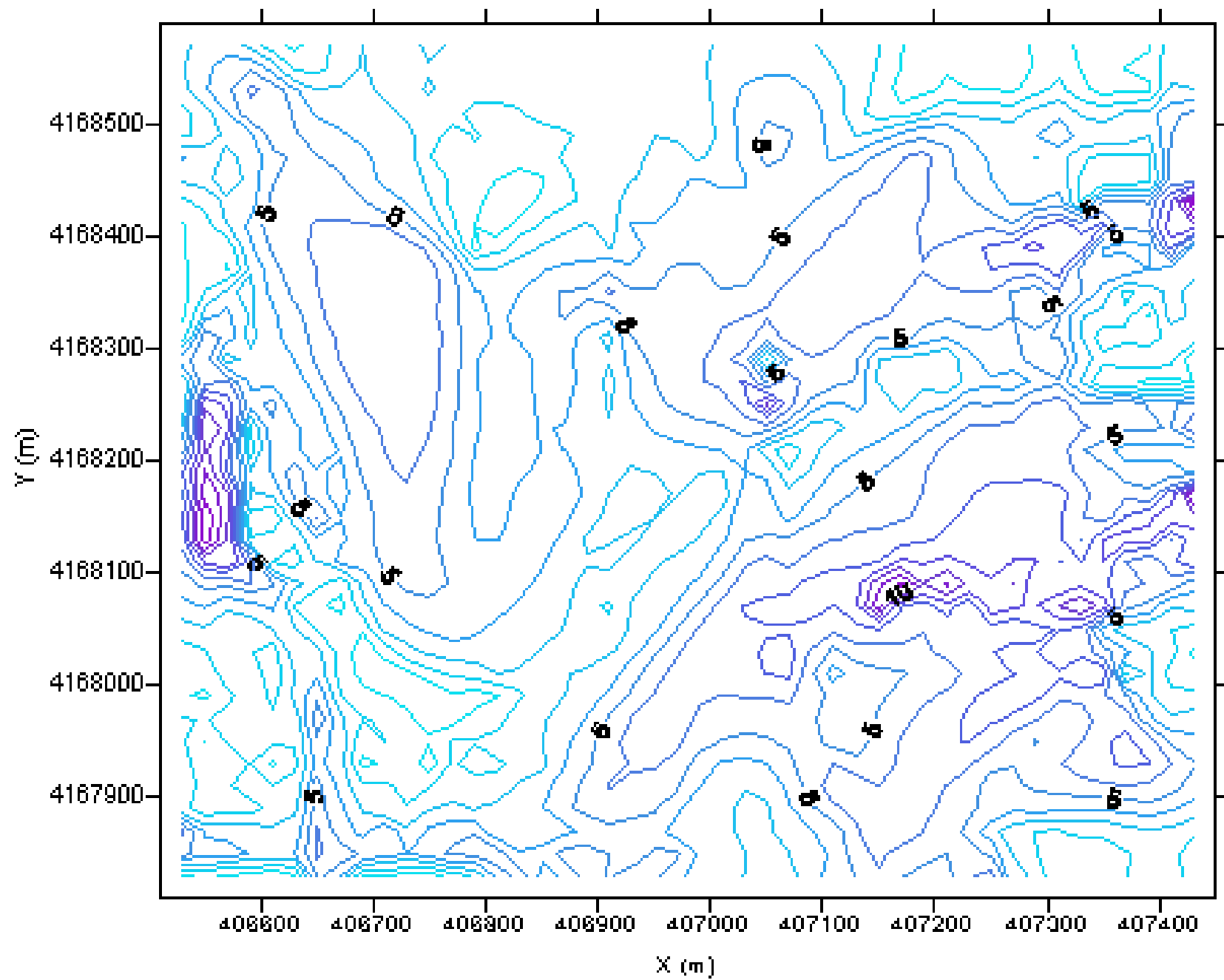
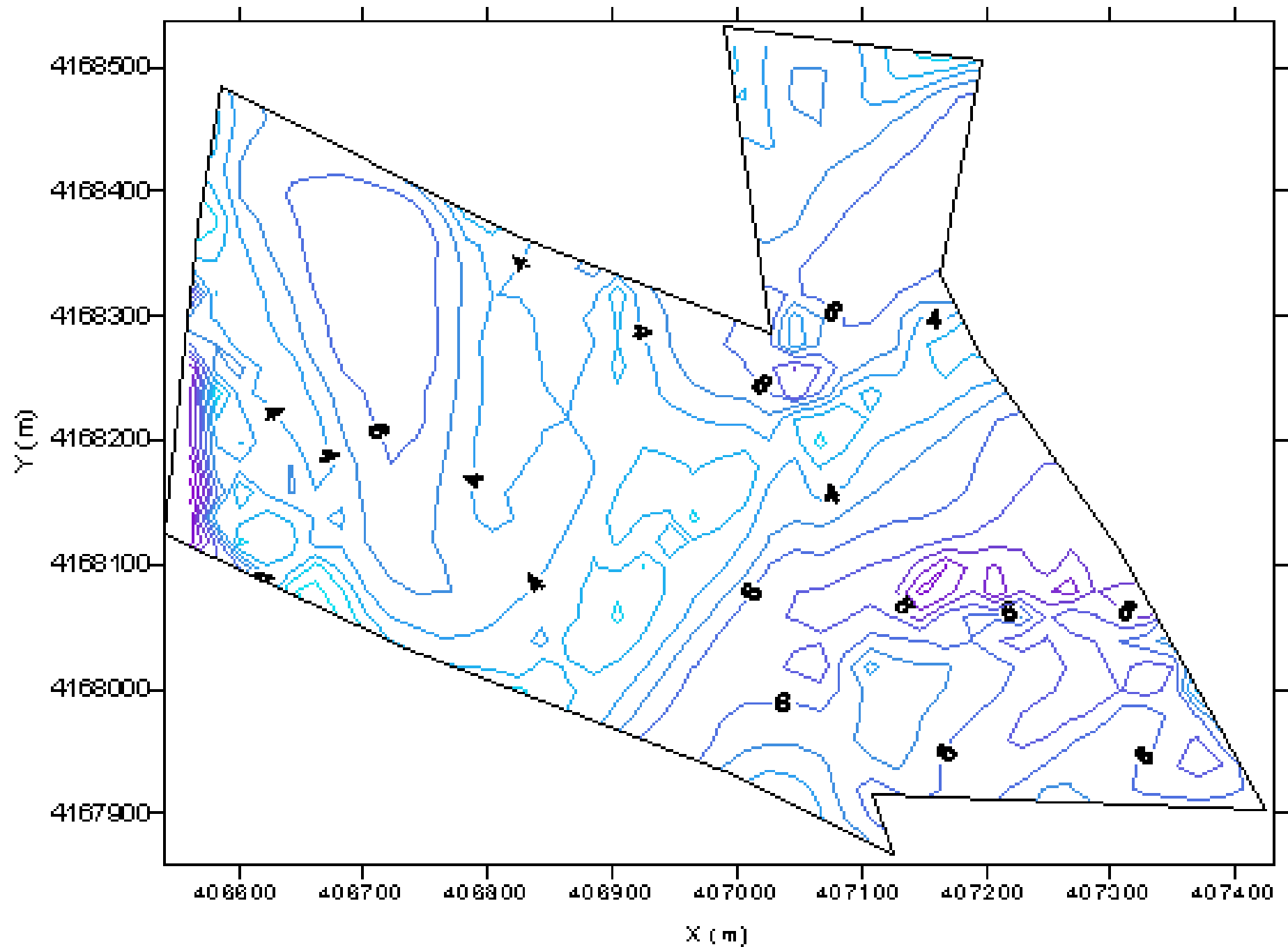


Figura VIII.6 MAPA DE PENDIENTES DE LA EXPLOTACIÓN



CAPÍTULO IX
MAPAS DE COSECHA

CAPÍTULO IX. MAPAS DE COSECHA

En el Capítulo VII.1 se indicaron los equipos GPS y los programas informáticos utilizados para procesar los datos; y en el Capítulo VII.2 se realizó una descripción del método seguido para tomar los datos de las cosechas comprendidas entre las campañas 1997/98 y 2001/02, ambas inclusive.

Teniendo en cuenta que el objetivo que se persigue es conocer la rentabilidad económica de la aplicación de estas técnicas, y que los datos provenían de grupos de 4 olivos, en el caso del muestreo foliar, o grupos mayores en el caso de los datos de cosecha, se ha estimado que la unidad mínima de estudio debe comprender cuatro árboles. Por ello, se ha dividido la finca en una malla cuadrangular, en la que los cuadrados miden 20 metros de lado, y se han tomado para caracterizar la cuadrícula los puntos de los centroides de cada cuadrado. Éste método es similar al utilizado por otros autores para obtener mapas de cosechas de cereales (Auernhammer et al, 1994). Como origen de coordenadas se eligió el punto (406500, 4167800). Dado el marco de plantación, en cada unidad de estudio hay una media de 4 árboles.

La cosecha no siguió un itinerario previamente establecido desde el gabinete, para recolectar siempre el mismo número de árboles, en la misma dirección y tomando las mismas referencias en las cosechas de años sucesivos. Si este hubiera sido el caso, habría sido fácil definir unos rectángulos orientados en una dirección única (por ejemplo Norte-Sur). Este diseño hubiera sido factible en una finca experimental, con una plantación regular y con un personal asignado al proyecto. Pero ese resultado teórico difícilmente sería extrapolable, pues los agricultores saben que la maduración de los frutos no es homogénea en toda la explotación y que hay que tener en cuenta la posibilidad de acceso de la maquinaria al terreno; así después de varios días de lluvia, las zonas de menor cota estaban encharcadas y debía trasladarse la cuadrilla de recolección a otros puntos.

No se interfirió en el manejo normal de la explotación y la dificultad antes reseñada se ha salvado reconstruyendo el itinerario que siguió la recolección. Para lo cual se han tenido en cuenta los datos de la fecha de recolección y del orden relativo que

ocupaba ese punto dentro de los puntos de cosecha de cada día. Podemos ver un ejemplo en la Figura IX.2 para la campaña 1998/99. Para las cuatro campañas restantes se siguió el mismo método.

Considerando que reflejaba mejor la realidad la cosecha acumulada cada día que los puntos individuales, se dividió la finca en polígonos. En cada polígono conocemos la superficie, el número de olivos y la cosecha asignada. Cada uno de ellos está formado por varios cuadrados de 20 m X 20 m (completos ó en parte).

Podemos conocer el valor de cosecha de cada unidad mínima de estudio. En una campaña determinada —la cosecha de 1997/98, por ejemplo—, cada una de las unidades de la cuadrícula pertenecen a una zona de producción determinada, cuyos valores se expresan en kilogramos de aceituna por metro cuadrado.

IX.1 Mapa de cosecha de la campaña 1997/98.

En la Figura IX.1 podemos ver, como círculos en color rojo, los 99 puntos que fueron georreferenciados. También se indica la localización de la cárcava de erosión (como cruces azules). Algunas zonas de la parcela 207 no tuvieron cosecha.

En la Figura IX.3 están representados los polígonos de cosecha. La zona donde la cosecha fue mejor alcanzó los 0,98 kg de aceituna / m². La cosecha estuvo distribuida de forma muy irregular. Así, en la zona sudeste de la parcela 207 no hubo cosecha, y se ha dejado para su visualización la cuadrícula de 20m X 20m ya mencionada.

IX.2 Mapa de cosecha de la campaña 1998/99.

La Figura IX.2 muestra los 110 puntos georreferenciados (círculos de color rojo). El número que aparece junto a cada uno de ellos indica el número de palas del tractor que se recogieron en la zona que rodea el punto. Se han trazado unas líneas (con colores azul y verde para facilitar su identificación) que marcan la trayectoria que siguió la recolección ese año.

En la Figura IX.4 podemos ver los polígonos de cosecha de la campaña 1998/99. Cada polígono engloba los puntos que se recogieron en la misma fecha; es decir, uno de ellos comprende la zona recolectada el 1 de diciembre de 1998, otro la zona correspondiente al 2 de diciembre, etc. La producción de aceituna osciló entre 0.27 kg/m² y 0,93 kg/m².

IX.3 Mapa de cosecha de la campaña 1999/00.

En la Figura IX.5 podemos apreciar los polígonos de cosecha. Ésta campaña de recolección fue la más corta de todas, debido a la baja cosecha que hubo. En algunas partes de la explotación no era rentable recoger la poca o nula producción de aceituna que tuvieron. Concretamente en la parcela 207 los dos polígonos mayores corresponden a zonas donde no se recolectaron los olivos. La zona de mayor producción tuvo 0,32 kg de aceituna por m².

IX.4 Mapa de cosecha de la campaña 2000/01.

Este mapa está representado en la Figura IX.6. La duración de la recolección y la cantidad recogida se describieron en el apartado VII.2.4. La producción de aceituna osciló entre 0,27 kg/m² y 0,60 kg/m².

IX.5 Mapa de cosecha de la campaña 2001/02.

La Figura IX.7 representa los polígonos de cosecha de la campaña 2001/02. Se obtuvo la mejor cosecha de aceituna y de aceite de las cinco campañas estudiadas. La producción de aceituna osciló entre 0,37 kg/m² y 0,86 kg/m².

Figura IX.1 COSECHA DE ACEITUNA DE LA CAMPAÑA 1997/98
PUNTOS GEORREFERENCIADOS

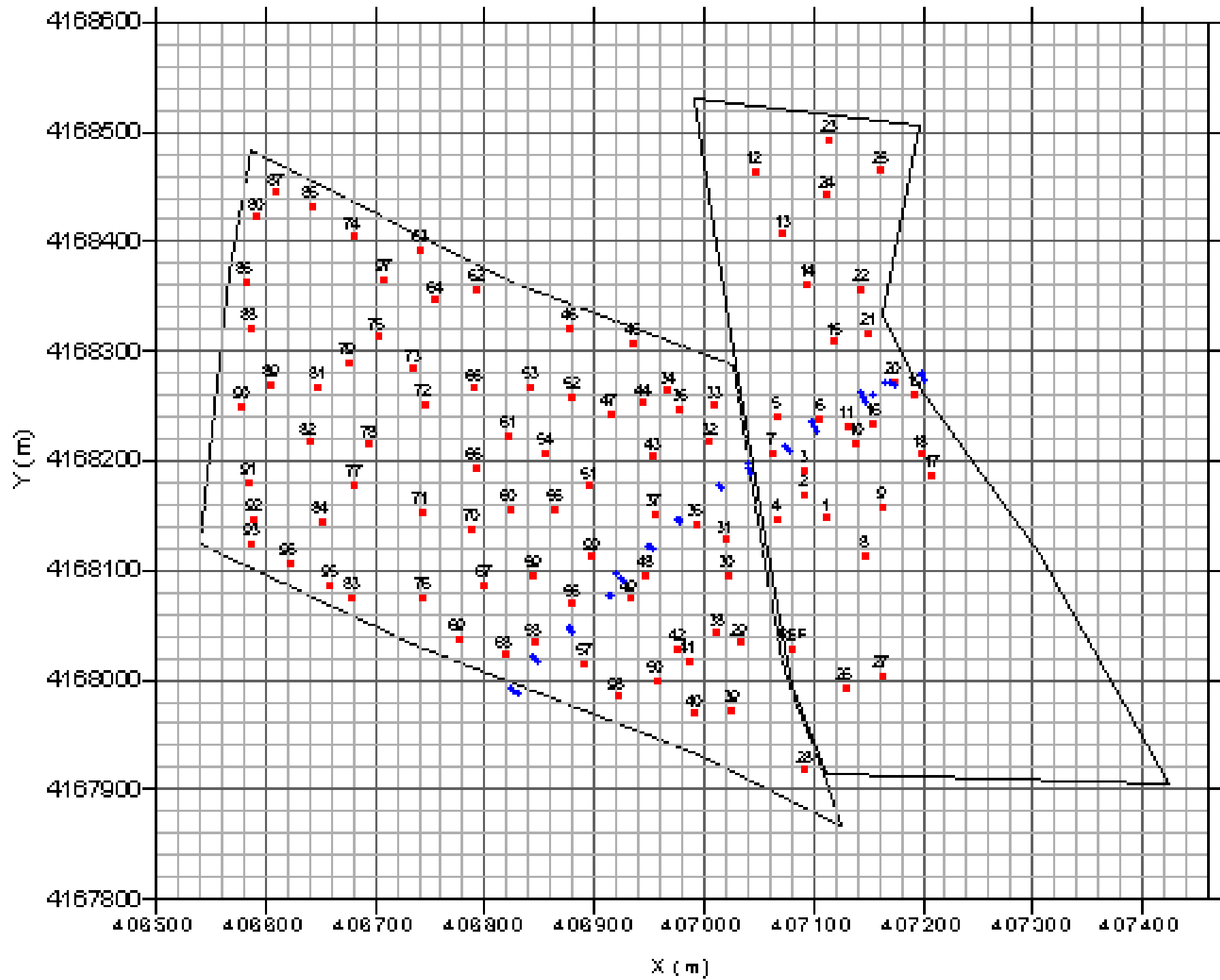


Figura IX.2 Cosecha de aceituna de la campaña 1998/99
Puntos georreferenciados

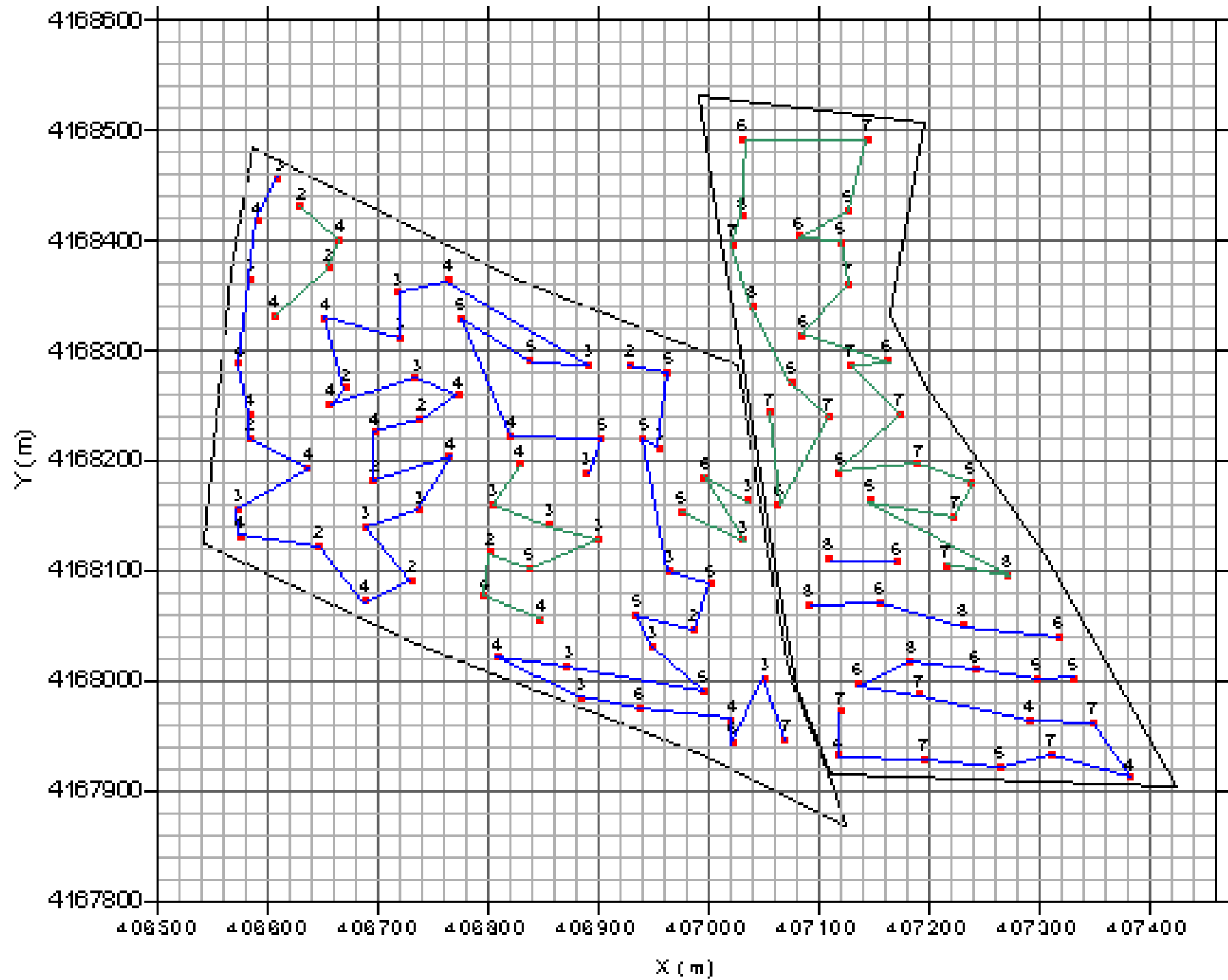


Figura IX. 3 POLÍGONOS DE COSECHA. CAMPAÑA 1997/98

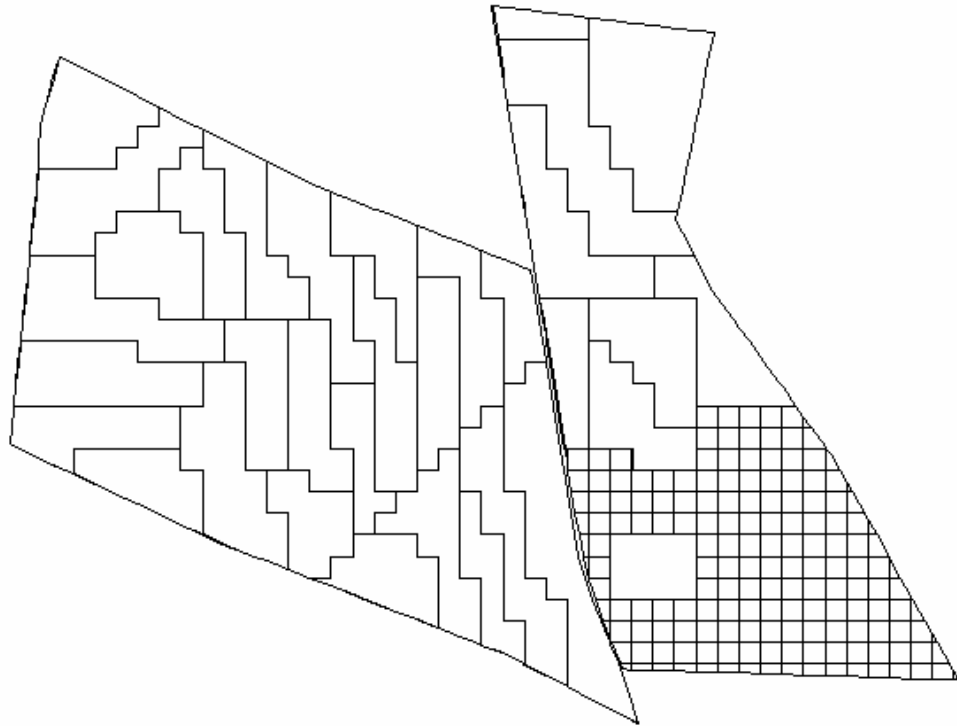


Figura IX.4 POLÍGONOS DE COSECHA. CAMPAÑA 1998/99.

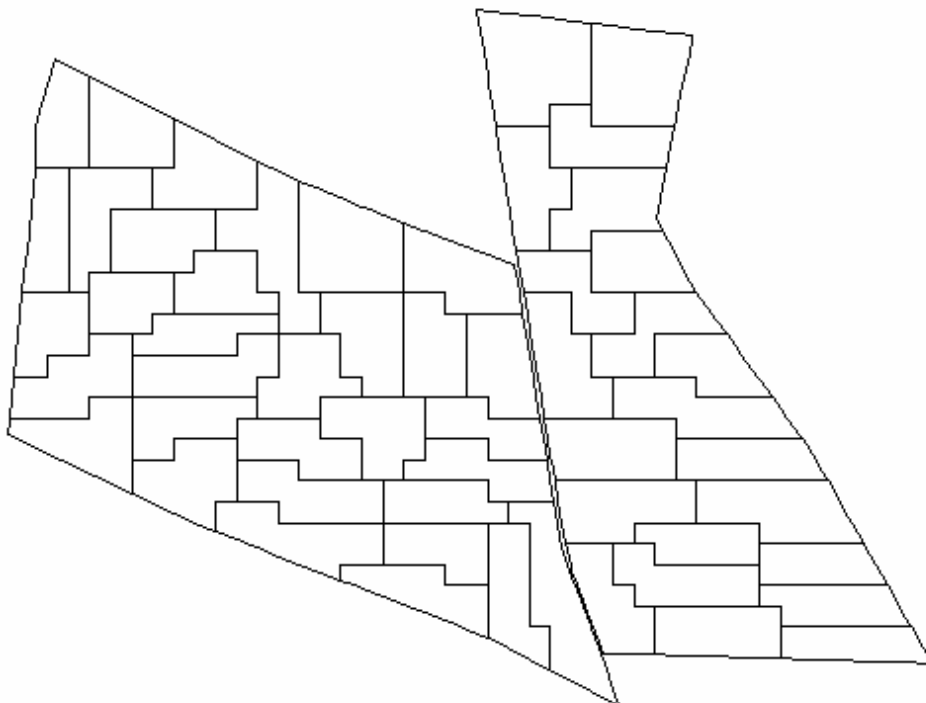


Figura IX.5 POLÍGONOS DE COSECHA. CAMPAÑA 1999/00

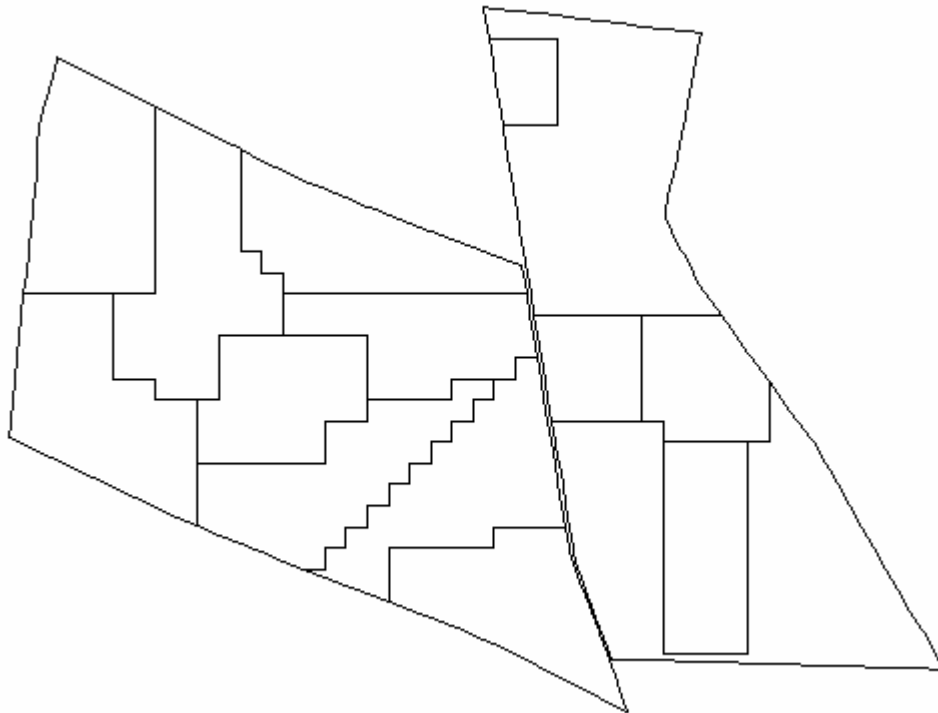


Figura IX.6 POLÍGONOS DE COSECHA. CAMPAÑA 2000/01

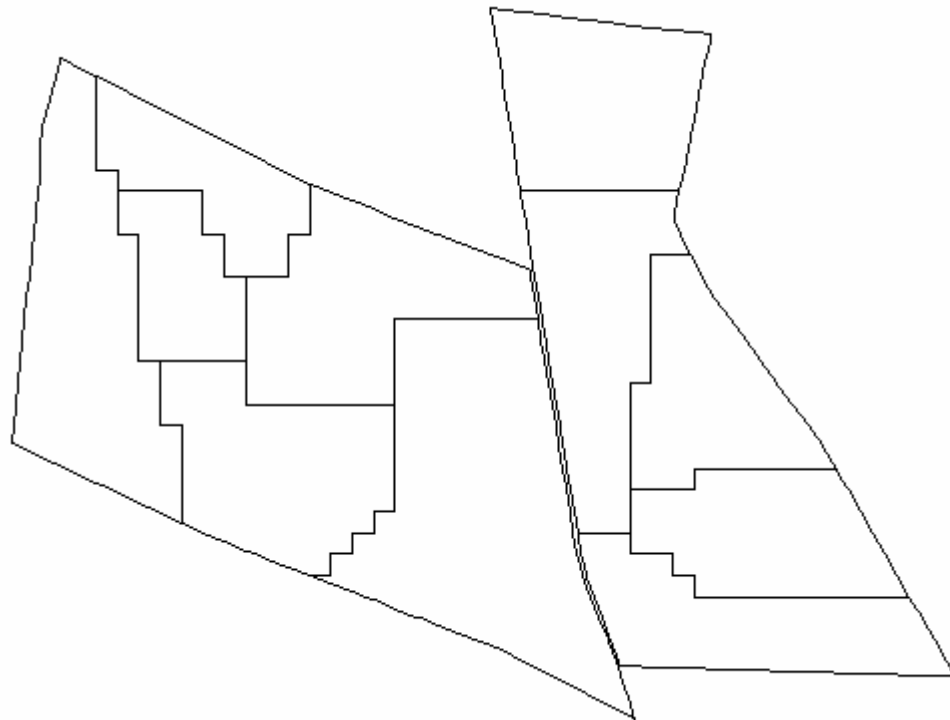
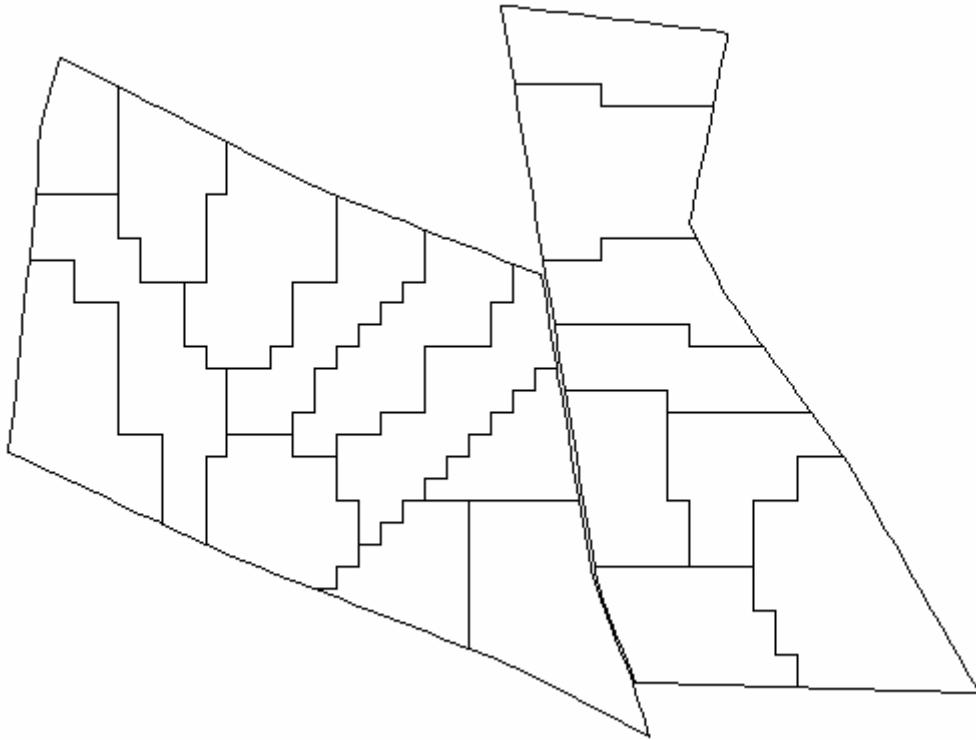


Figura IX.7 POLÍGONOS DE COSECHA. CAMPAÑA 2001/02



CAPÍTULO X
MAPAS DE CONTENIDO DE
NUTRIENTES

CAPÍTULO X MAPAS DE CONTENIDO DE NUTRIENTES.

En el Capítulo VII.3 se explicó cómo se realizó la toma de muestras para los análisis foliares, así como el método analítico utilizado. Los valores obtenidos en los análisis de cada una de las muestras están en el Anexo 3.

La toma de muestras de los años 1999 y 2000 se realizó en los mismos olivos. Para la georreferenciación de cada muestra se situó el equipo GPS en el centro del cuadrilátero formado por los cuatro árboles. En la Figura X.1 podemos ver la localización de los 42 puntos donde se tomaron las muestras.

Partiendo de la hipótesis de que el contenido de nutrientes de cada árbol será similar al de los olivos analizados que se encuentren más cercanos a él, se utilizó el método de interpolación denominado krigado para calcular el valor estimado de los puntos donde no se tomaron hojas para analizar, ponderando el peso de cada punto muestral en función de la distancia entre ambos puntos.

Se utilizó el programa “Surfer © 7.0” para obtener mapas de la distribución espacial de nutrientes. Basándose en estos datos se ha realizado una publicación recientemente (López Granados et al., 2003), en la cual se profundiza en la descripción del análisis de laboratorio, el análisis geoestadístico y la elección del semivariograma.

Teniendo en cuenta que el objetivo que se persigue es conocer la viabilidad económica de la aplicación de las técnicas de agricultura de precisión, y que los datos provenían de grupos de 4 olivos, se ha estimado que la unidad mínima de estudio debe comprender 4 árboles. Por ello, se ha dividido la finca en una malla cuadrangular, en la que los cuadrados miden 20 metros de lado, tal y como se explica en el Capítulo IX, relativo a la obtención de los mapas de cosecha. Para caracterizar la cuadrícula se han tomado los centroides de cada cuadrado. Dado el marco de plantación, en cada unidad de estudio hay una media de 4 árboles.

X.1 Análisis Foliar de 1999.

X.1.1 Mapa de contenido de Nitrógeno en 1999.

En la Figura X.2 podemos observar la distribución espacial del contenido en Nitrógeno (en tanto por ciento) en el análisis de las muestras tomadas el 10 de julio de 1999.

Ninguna de ellas mostró valores por debajo de 1,4 % de Nitrógeno. Es decir, en ninguna zona el análisis mostró deficiencia de Nitrógeno. Tampoco se obtuvieron contenidos en % N que excedieran del intervalo de los valores que se consideran adecuados (véase la Tabla VII.2).

Sin embargo en 6 de las 42 muestras se obtuvieron concentraciones de Nitrógeno por debajo del nivel adecuado, o sea, estuvieron por debajo de 1,5% de Nitrógeno. Estos puntos fueron: p13, p15, p27, p28, p32 y p41.

Cuando se integran estos datos en el Sistema de Información Geográfico, mediante el programa MapInfo Professional 6.5, podemos obtener un mapa temático como el de la Figura X.10, en la que se aprecian en color amarillo las zonas en las que el contenido de Nitrógeno está por debajo del óptimo, y en color verde las unidades de estudio donde los valores obtenidos son adecuados.

X.1.2 Contenido de Fósforo en 1999.

La Figura X.3 muestra la distribución espacial del contenido de fósforo en la explotación, a partir de las muestras analizadas en julio de 1999.

En ningún caso los análisis detectaron carencia de fósforo ($\neq 0,05$ %), pero sí mostraron que todos los árboles presentaban contenidos, en tanto por ciento, inferiores a los adecuados (inferiores a 0,10 % de Fósforo). Esta deficiencia generalizada no se apreció en el análisis realizado en el verano siguiente. Teniendo en cuenta que la aportación de unidades fertilizantes de fósforo fue idéntica en ambos años, y que el

análisis de 2000 muestra unos resultados que superan en 0,02-0,03% los obtenidos en el año anterior, en todas las muestras analizadas, tal y como muestra la Figura X.12, cabe pensar que se produjo una desviación generalizada en el análisis del fósforo en 1999. Por otra parte, al estar toda la explotación en el mismo intervalo de deficiencia, en este elemento, no sirve para caracterizar zonas diferentes; y considerando las dudas que suscita el análisis, este dato no se tendrá en cuenta para la delimitación de las zonas homogéneas de la finca.

X.1.3 Mapa de contenido de Potasio en 1999.

La Figura X.4 representa el contenido de Potasio (en %) en la explotación. Ninguno de los análisis detectó carencia de este elemento ($<0,4\%$), pero sí deficiencias, pues en algunas zonas la concentración de este nutriente no alcanzó el valor que se considera adecuado ($>0,8\%$).

La Figura X.14 indica, en amarillo, las unidades de estudio donde hubo deficiencia de Potasio en 1999, y las zonas donde el nivel de este elemento era adecuado (en color verde).

X.1.4 Mapa de contenido de Boro en 1999.

El contenido de Boro se expresa en partes por millón (ppm). La Figura X.5 representa la distribución espacial del Boro en el análisis realizado el 10 de julio de 1999. Ninguno de los valores obtenido fue inferior a 14 ppm que indicaría una carencia (véase la Tabla VII.2), pero 15 de las 42 muestras analizadas presentaron niveles de este nutriente inferiores al umbral que se considera adecuado. Los análisis mostraron que en ningún punto de la explotación el contenido de Boro se aproximaba a los valores que pueden producir toxicidad.

La Figura X.16 refleja, en color amarillo las zonas con concentraciones inferiores a las adecuadas, y con color verde aquellas unidades de estudio con valores adecuados.

X.2 Análisis Foliar de 2000.

X.2.1 Mapa de contenido de Nitrógeno en 2000.

En la Figura X.6 podemos observar la distribución espacial del contenido en Nitrógeno (en tanto por ciento) en el análisis de las muestras obtenidas a mediados de julio de 2000.

Tres de los análisis mostraron valores por debajo de 1,4 % de Nitrógeno; concretamente los puntos p14, p28 y p29. Además, en 10 de las 42 muestras se obtuvieron concentraciones de Nitrógeno por debajo del nivel adecuado, es decir, estuvieron por debajo de 1,5% de Nitrógeno. Estos puntos fueron: p11, p12, p13, p26, p27, p31, p32, p34, p39 y p41. Este resultado se produjo a pesar de que precisamente en febrero de 2000 se realizó la fertilización con Urea 46% (Capítulo VI.1.4.1).

No se obtuvieron contenidos en % N que excedieran del intervalo de los valores que se consideran adecuados (véase la Tabla VII.2).

Cuando se integran estos datos en el Sistema de Información Geográfico, mediante el programa MapInfo Professional 6.5, podemos obtener un mapa temático como el de la Figura X.11, en la que se aprecian en color rojo las zonas en las que los análisis detectaron carencias de Nitrógeno, en color amarillo las zonas en las que el contenido de Nitrógeno está por debajo del óptimo, y en color verde las unidades de estudio donde los valores obtenidos son adecuados.

X.2.2 Mapa de contenido de Fósforo en 2000.

La Figura X.7 muestra la distribución espacial de este elemento, según los resultados del análisis foliar de las muestras tomadas a mediados de julio de 2000. Aunque no aparecieron valores inferiores a 0,05%, la mayoría de la finca presentó concentraciones inferiores a las que se consideran adecuadas según la Tabla VII.2, basada en Fernández Escobar (1997).

En la Figura X.13 vemos la representación de las unidades de estudio con valores inferiores al intervalo óptimo (en color amarillo), y aquellas donde la concentración de Fósforo fue adecuada (en verde).

X.2.3 Mapa de contenido de Potasio en 2000.

En el análisis foliar realizado a mediados de julio del año 2000 se obtuvieron unos valores muy parecidos a los del año precedente. La Figura X.8 representa la distribución espacial del Potasio, extrapolando los valores obtenidos en los puntos de muestreo al resto de la finca en función de la distancia de cada punto a los puntos muestrales más cercanos.

La Figura X.15, representa (con color amarillo y verde respectivamente) las unidades de estudio donde la concentración de potasio no era adecuada y aquellas zonas cuyo valor era adecuado (>0,8%).

Al comparar la Figura X.14, correspondiente al año 1999, y la Figura X.15, correspondiente al año 2000, observamos que las zonas con concentraciones por debajo del nivel crítico se sitúan en la misma parte de la finca.

X.2.4 Mapa de contenido de Boro en 2000.

En el año 2000 el análisis foliar mostró que toda la explotación presentaba unos valores de Boro adecuados, comprendidos entre 19 y 32 ppm, con la excepción del punto p28. La Figura X.9 refleja la distribución espacial de este elemento; y la Figura X.17 las unidades de estudio con valores por debajo y por encima del nivel adecuado.

Figura X.1 TOMA DE MUESTRAS PARA EL ANÁLISIS FOLIAR

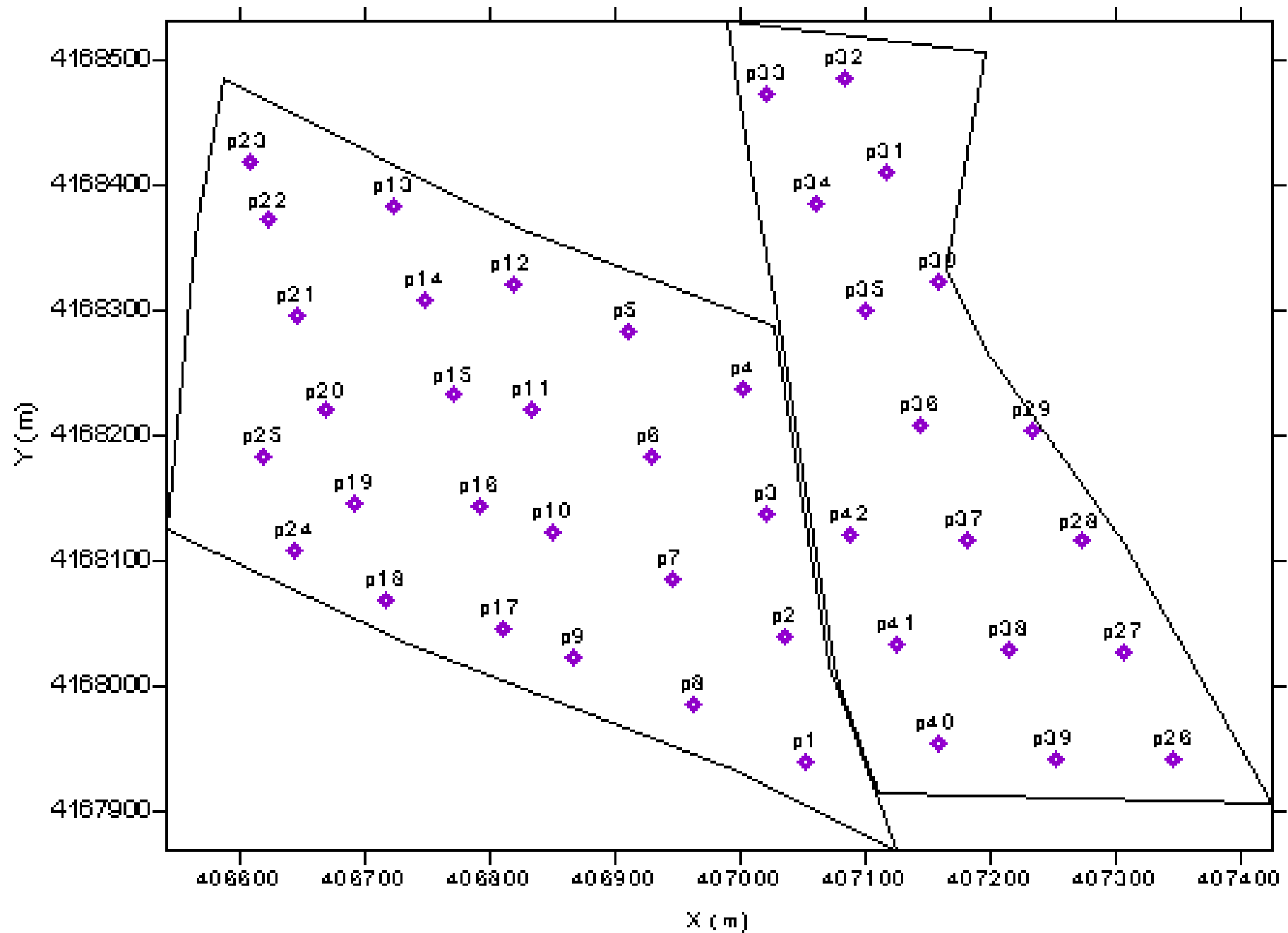


Figura X.2 ANÁLISIS FOLIAR DE NITRÓGENO EN 1999

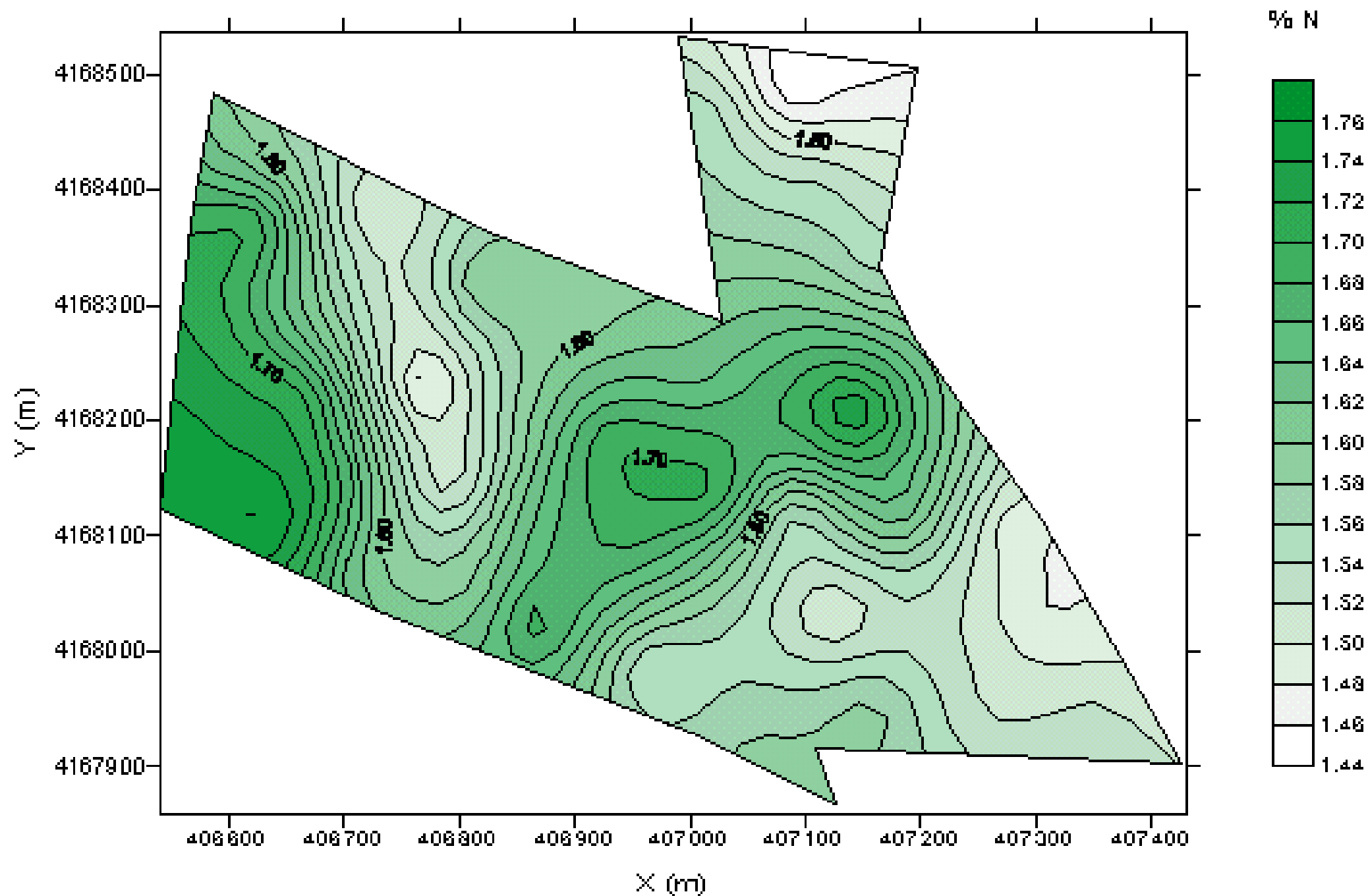


Figura X.3 ANÁLISIS FOLIAR DE FÓSFORO EN 1999

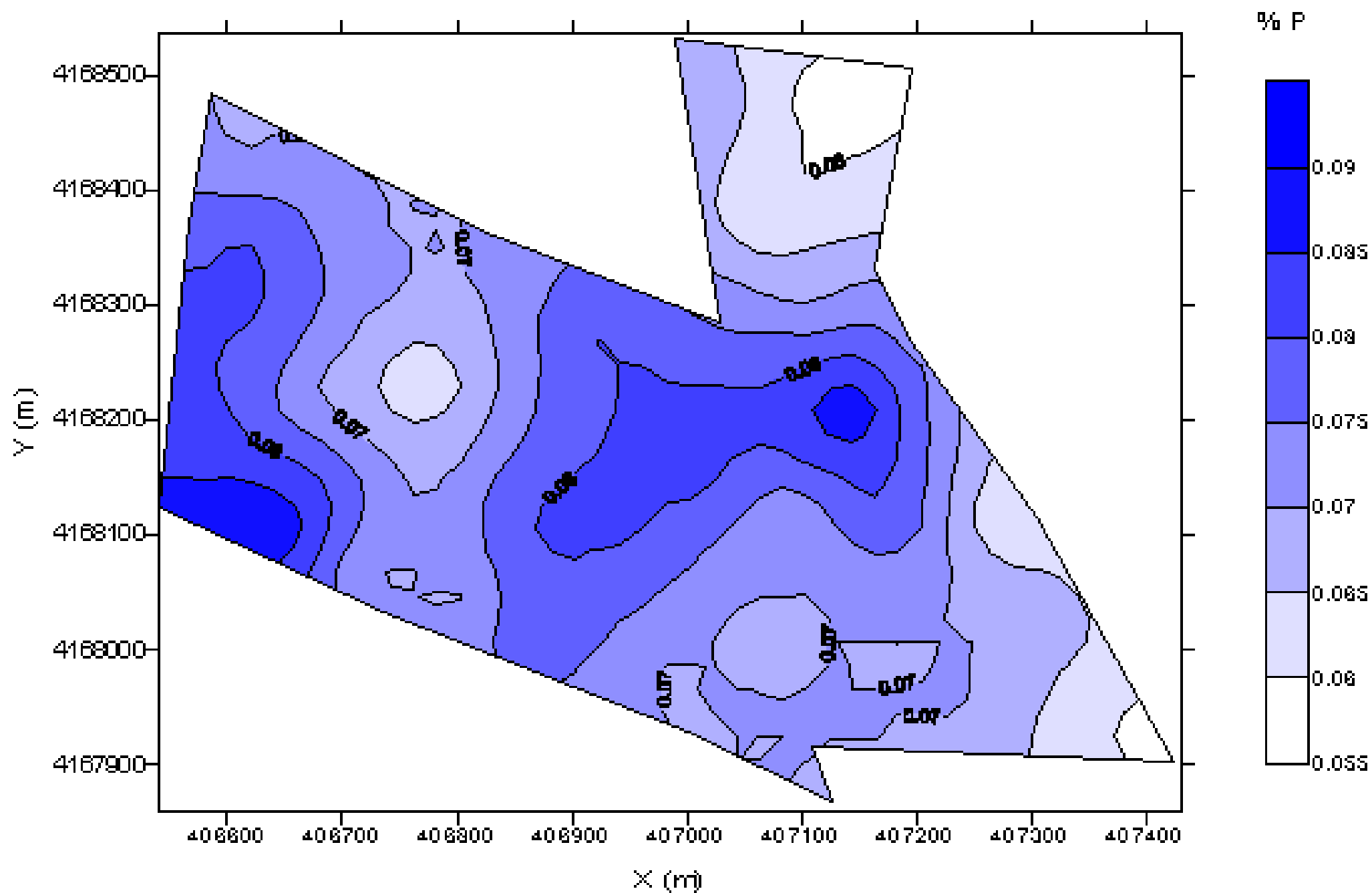


Figura X.4 ANÁLISIS FOLIAR DE POTASIO EN 1999

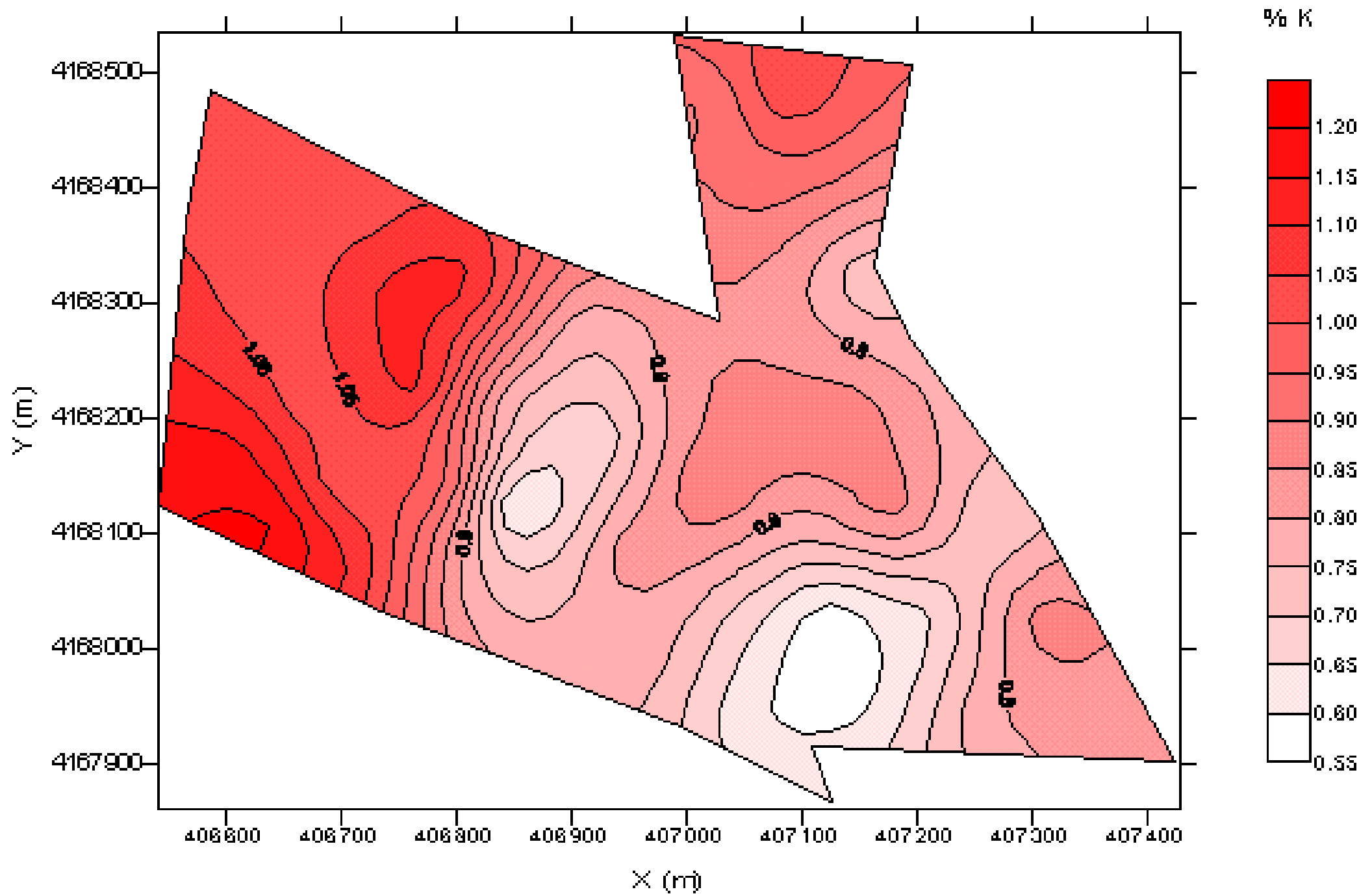


Figura X.5 ANÁLISIS FOLIAR DE BORO EN 1999

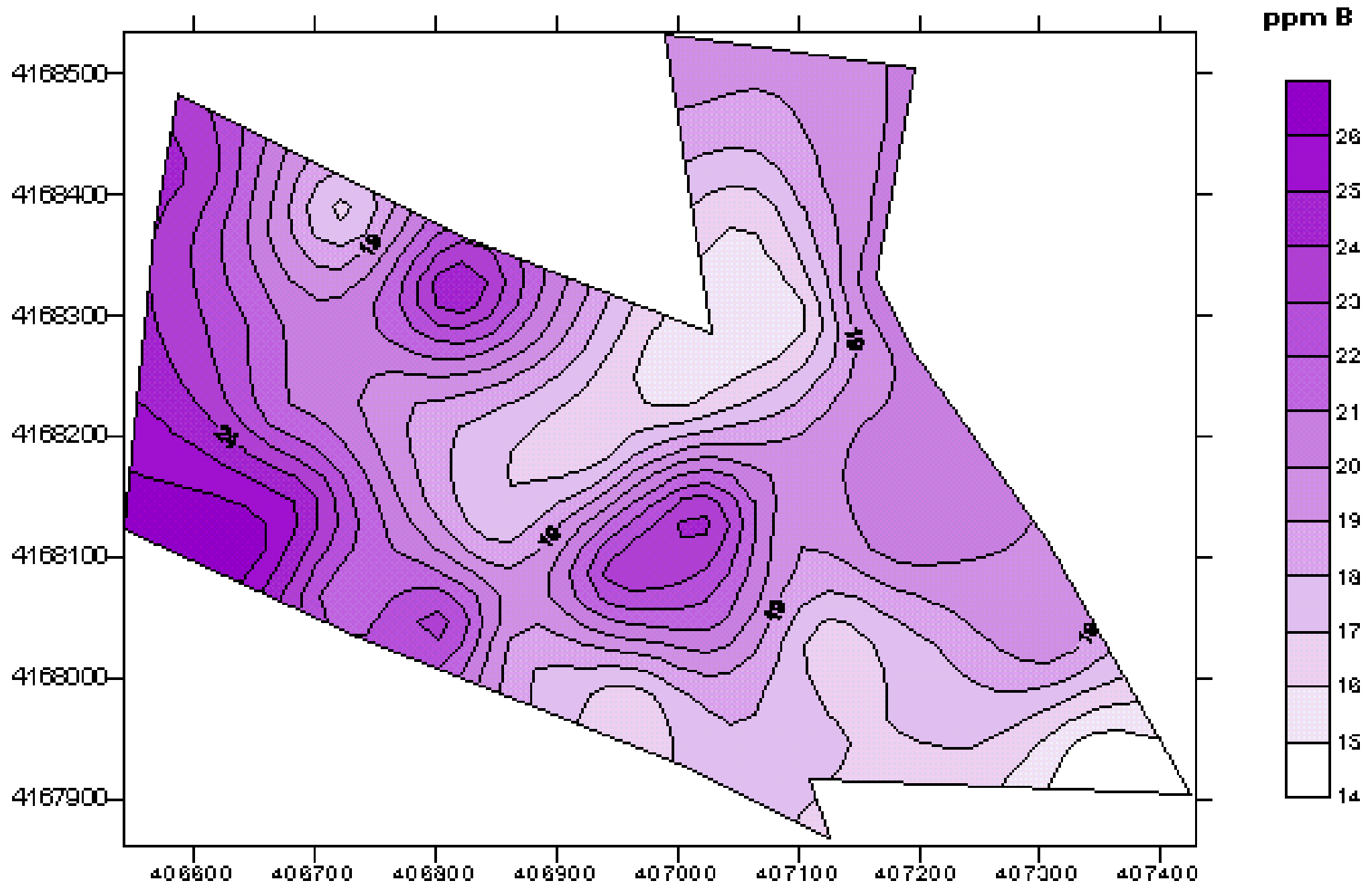


Figura X.6 ANÁLISIS FOLIAR DE NITRÓGENO EN 2000

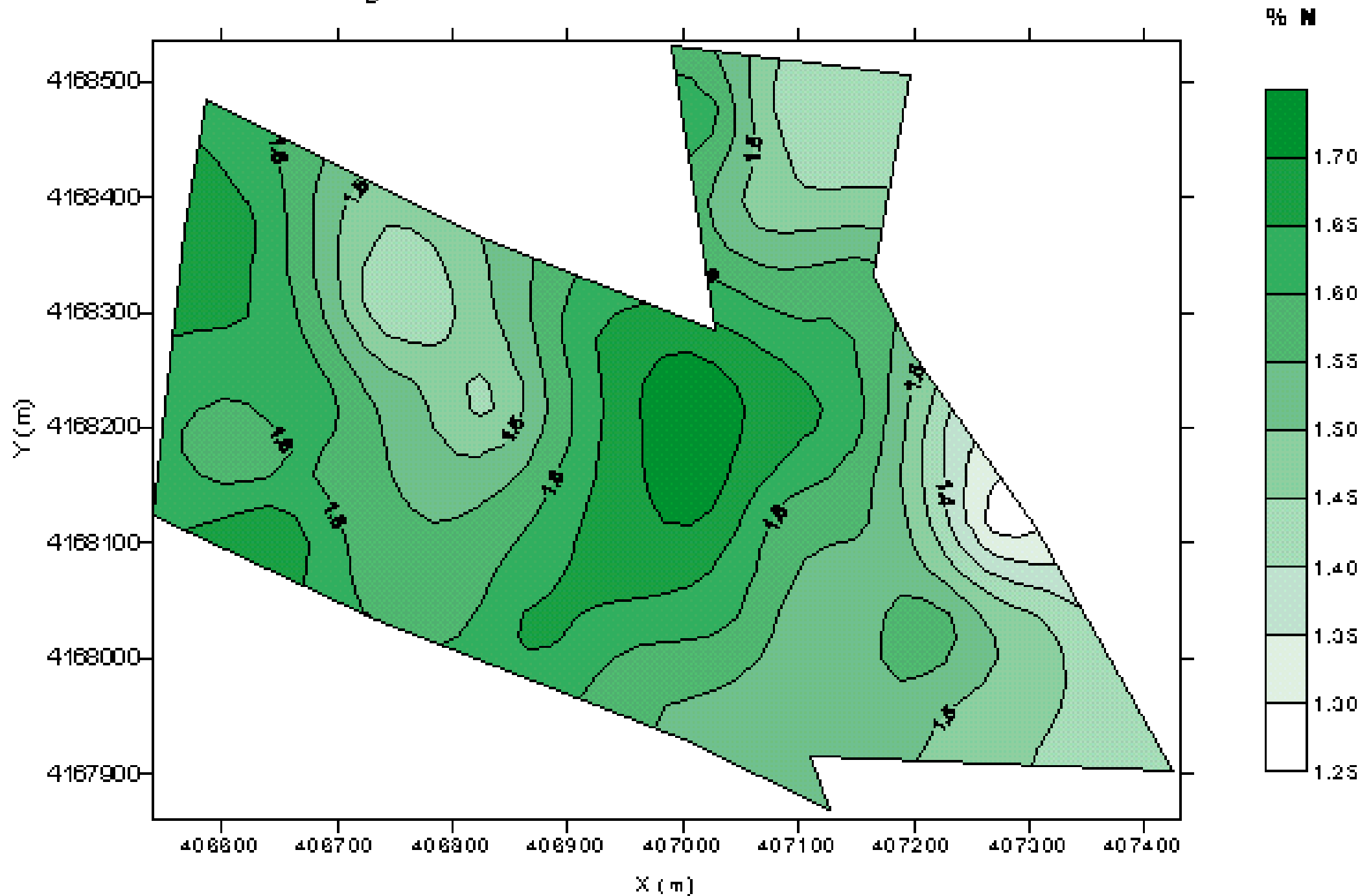


Figura X.7 ANÁLISIS FOLIAR DE FÓSFORO EN 2000

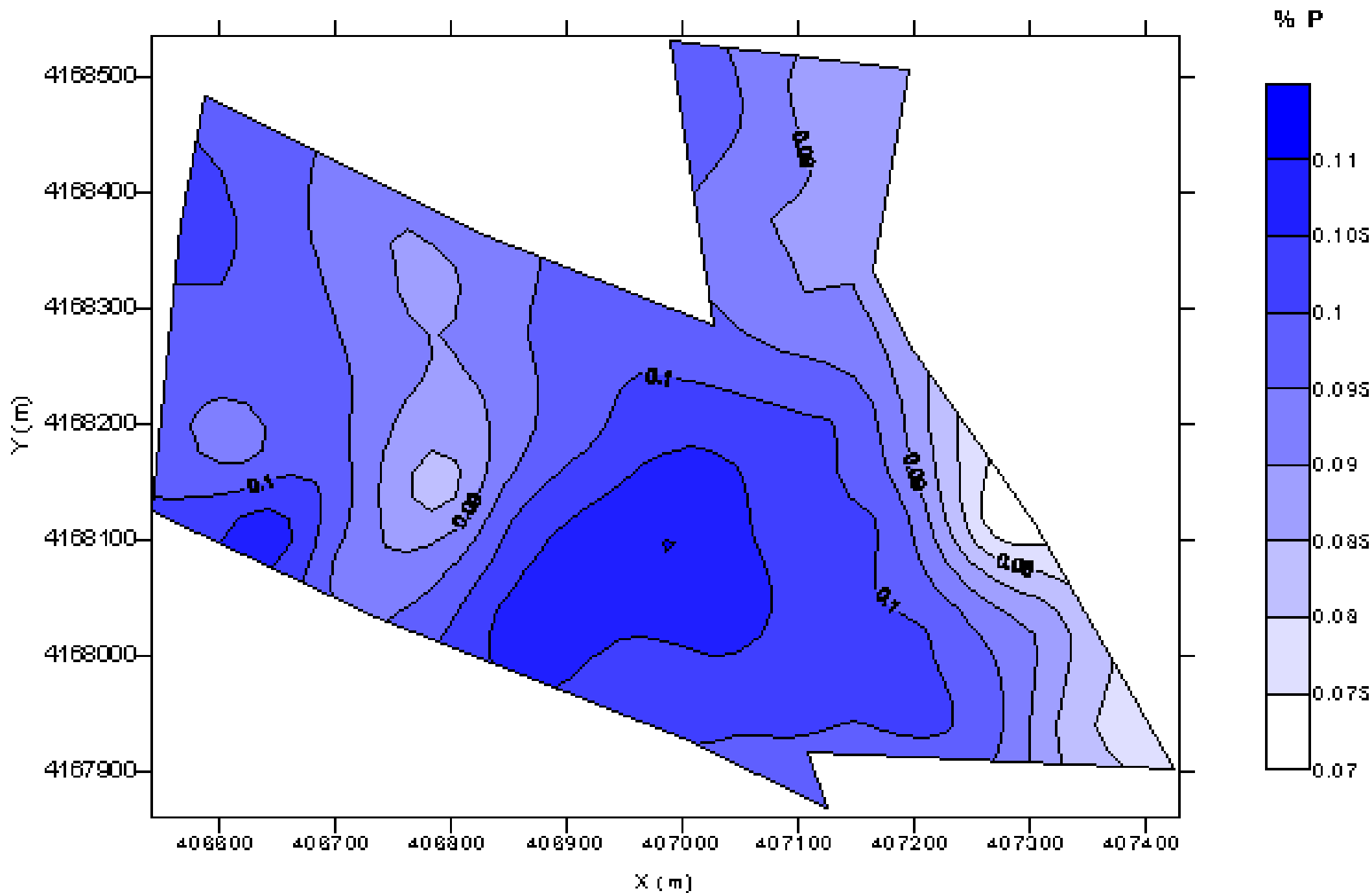


Figura X.8 ANÁLISIS FOLIAR DE POTASIO EN 2000

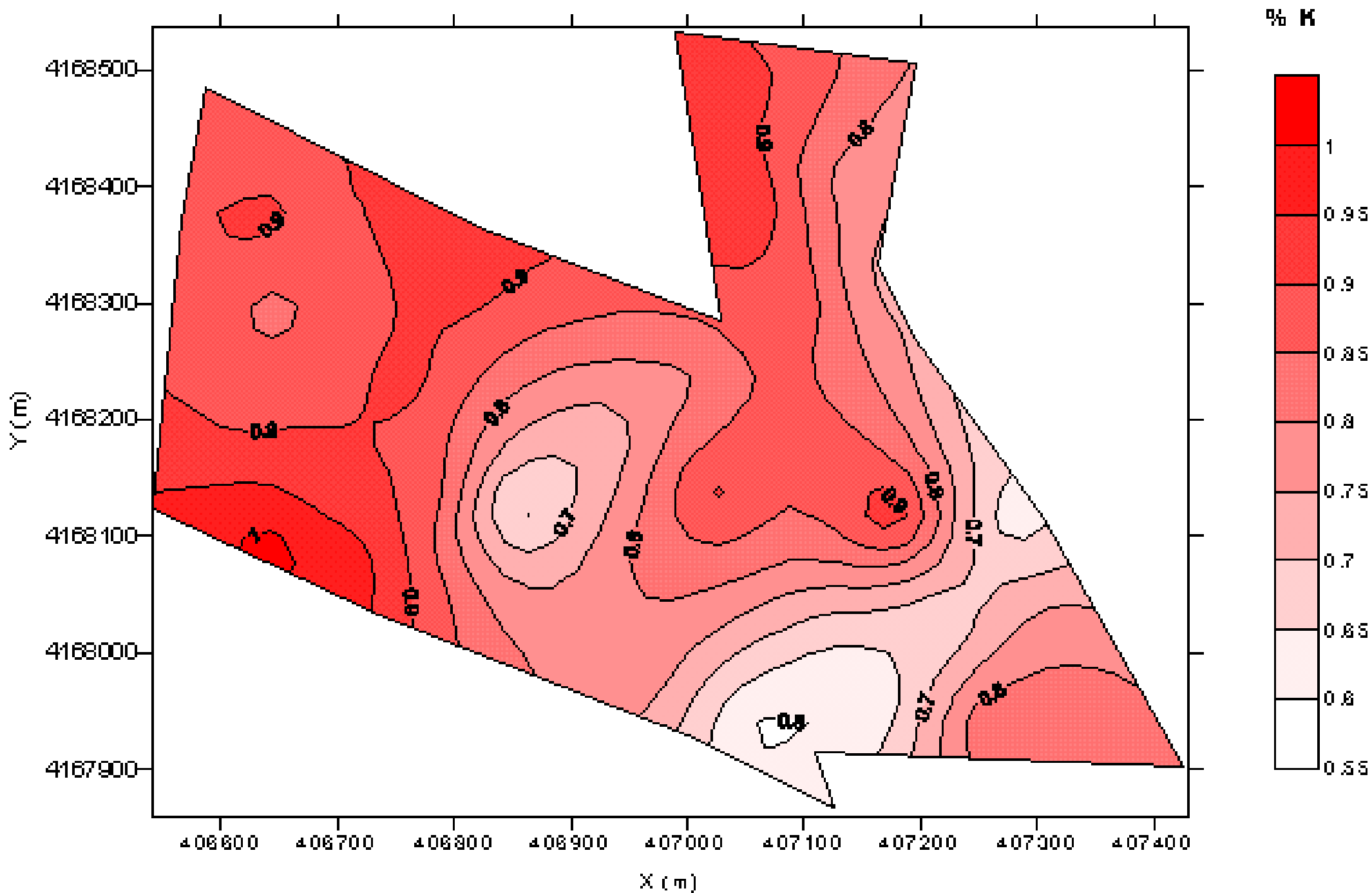


Figura X.9 ANÁLISIS FOLIAR DE BORO EN 2000

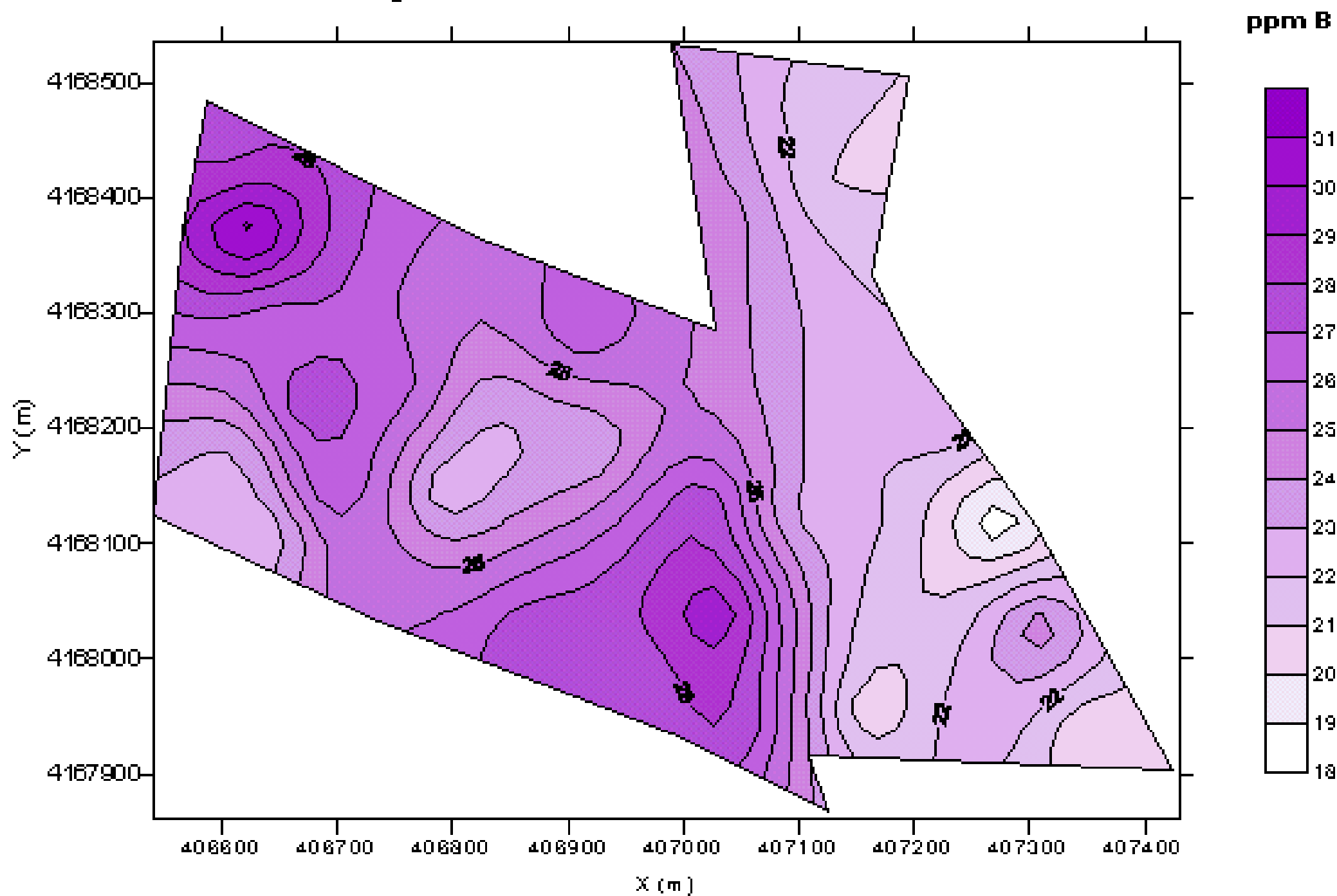


Figura X.10 NIVELES CRÍTICOS DE NITRÓGENO EN 1999

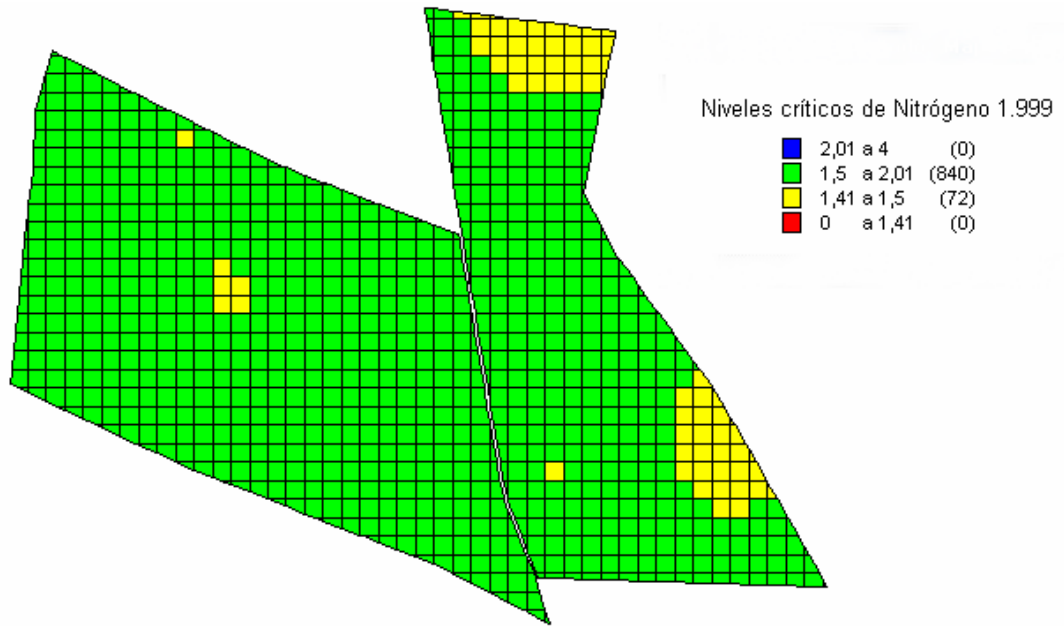


Figura X.11 NIVELES CRÍTICOS DE NITRÓGENO EN 2000

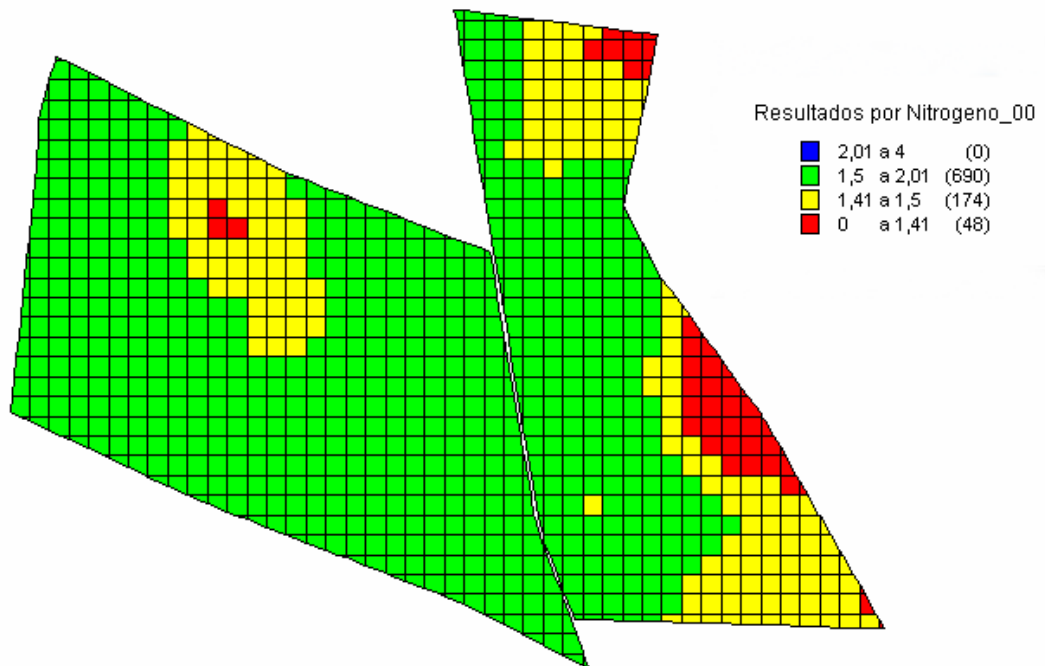


Figura X.12 CONTENIDO DE FÓSFORO EN LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN LOS DOS AÑOS.

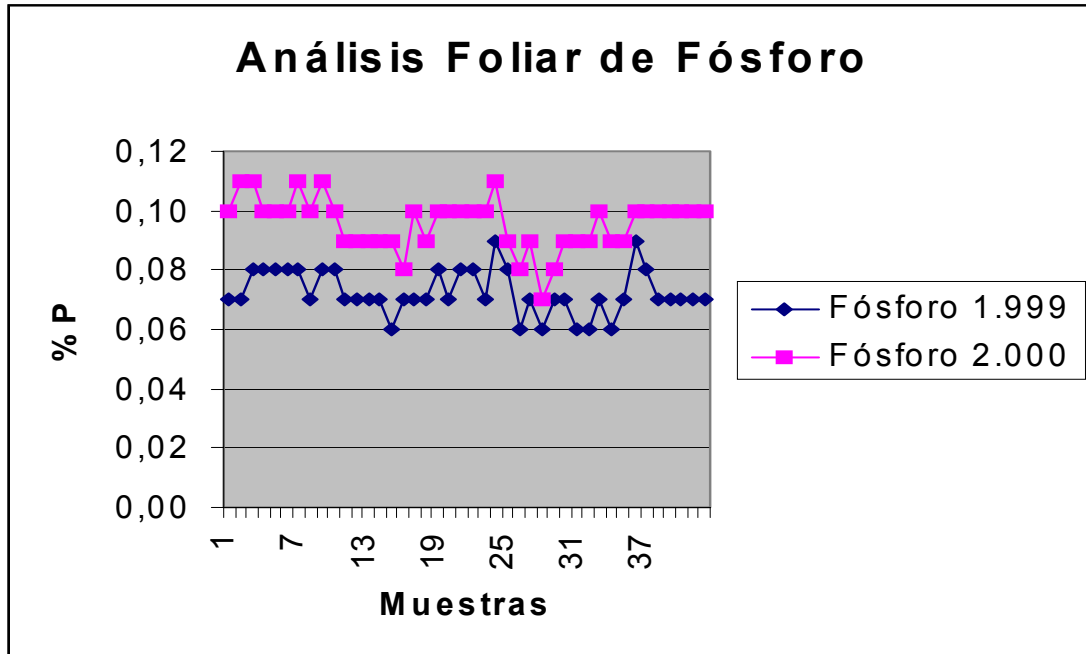


Figura X.13 NIVELES CRÍTICOS DE FÓSFORO EN 2000

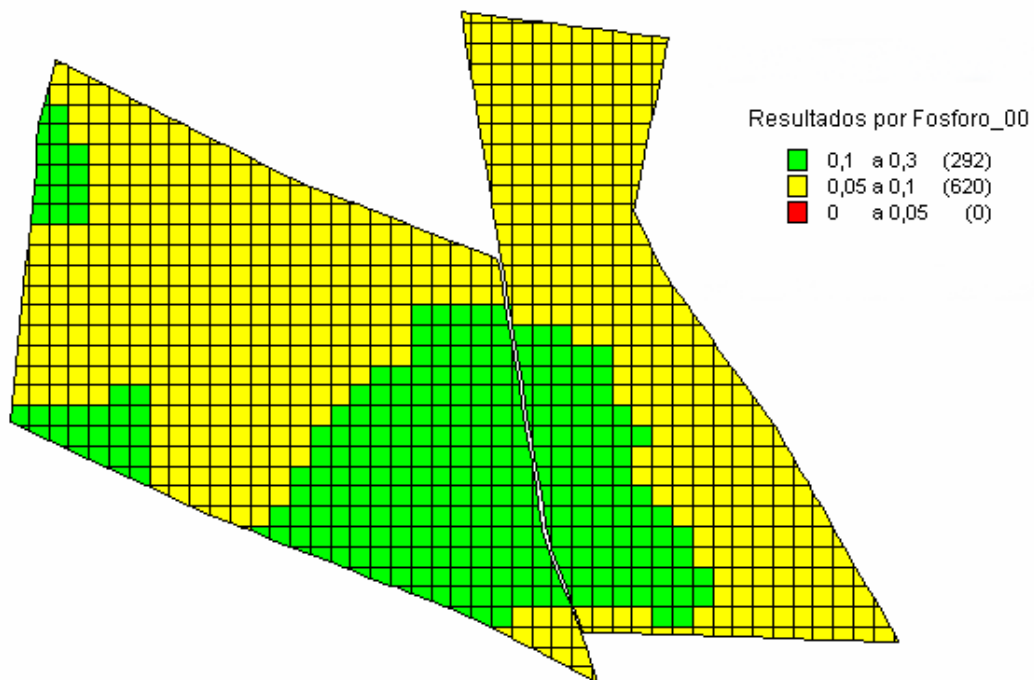


Figura X.14 NIVELES CRÍTICOS DE POTASIO EN 1999

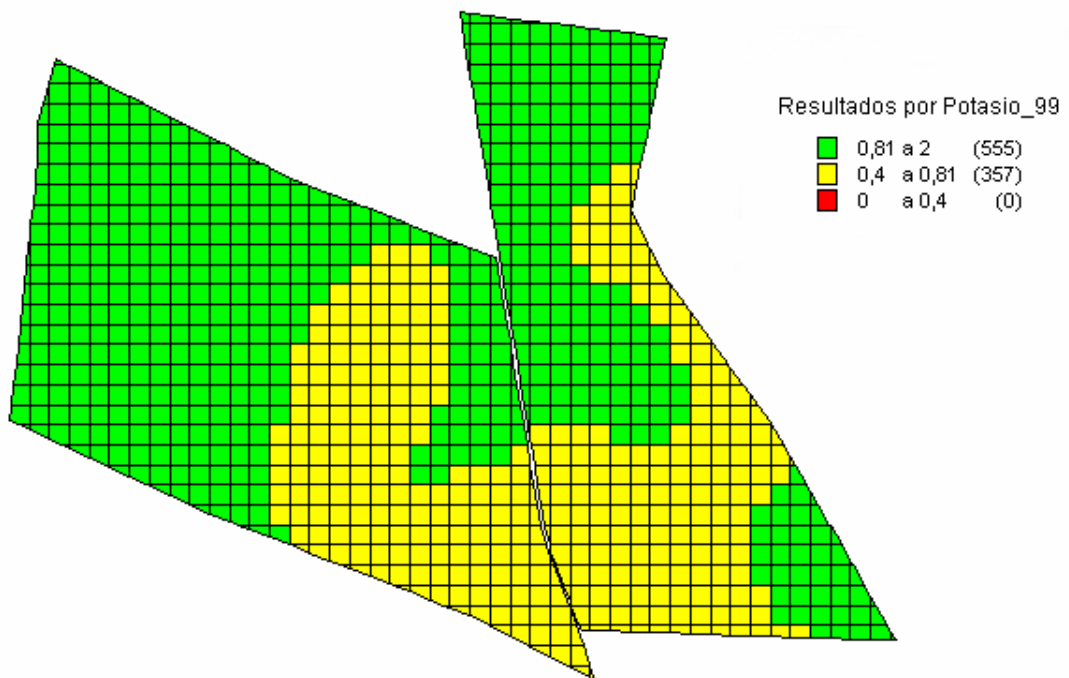


Figura X.15 NIVELES CRÍTICOS DE POTASIO EN 2000

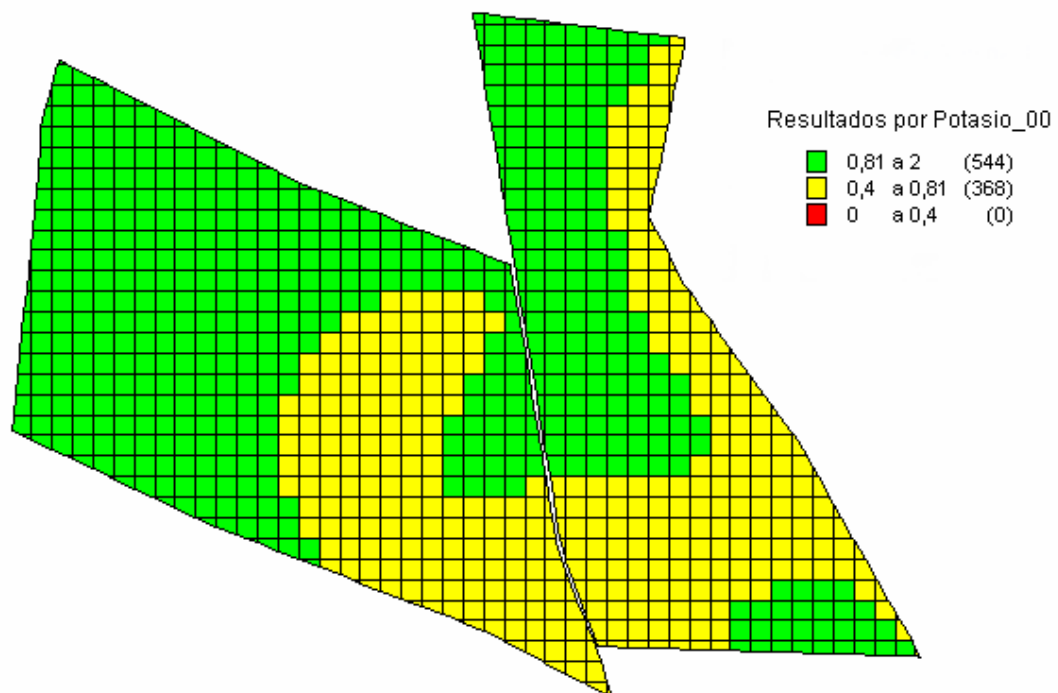


Figura X.16 NIVELES CRÍTICOS DE BORO EN 1999

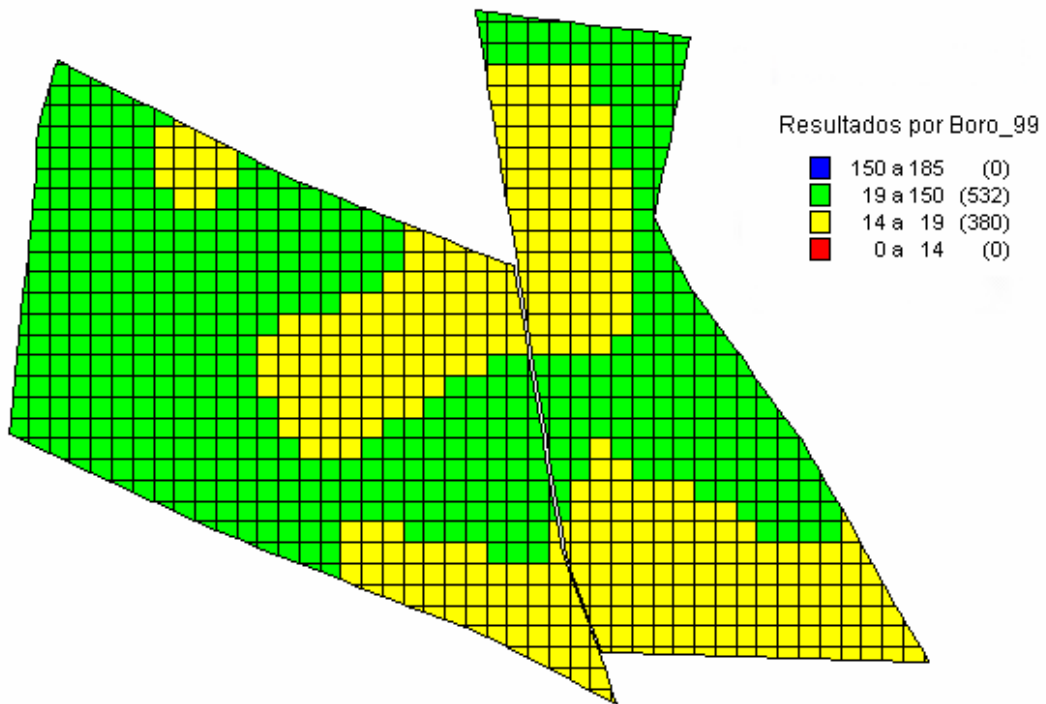
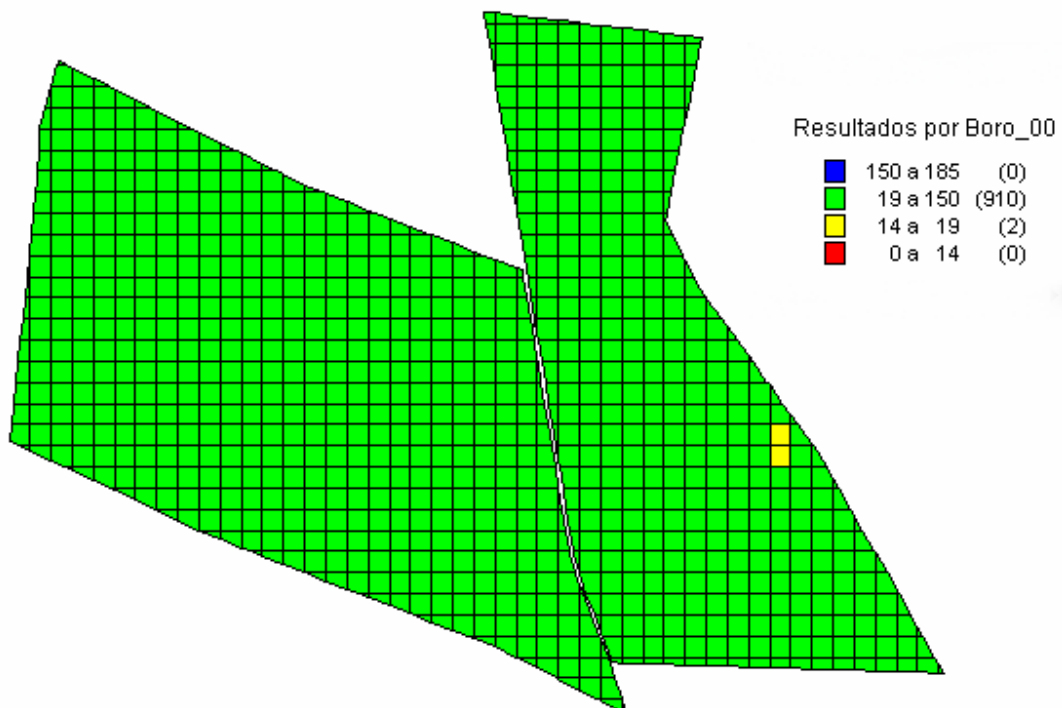


Figura X.17 NIVELES CRÍTICOS DE BORO EN 2000



CAPÍTULO XI
INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS
A NIVEL DE EXPLOTACIÓN

CAPÍTULO XI INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS A NIVEL DE EXPLOTACIÓN

En el Capítulo V se justificó la elección de la explotación que ha sido estudiada, por ser representativa de la mayor parte del olivar jiennense y andaluz.

En el Capítulo VI se realizó un estudio de las técnicas de cultivo que se realizan en la finca estudiada, así como su valoración económica. Se obtuvo la cuenta de resultados de la explotación, conociendo los costes totales —como suma de los costes directos y los costes indirectos—, los ingresos por venta del aceite y subvenciones percibidas. A partir de los resultados anteriores se conoció el margen neto de la explotación.

Vimos en el Capítulo VIII cómo se había realizado el Modelo Digital del Terreno (MDT) y el Mapa de Pendientes de la Explotación.

En el Capítulo IX se explicaron los Mapas de las Cosechas, correspondientes a las campañas 1997/98, 1998/99, 1999/00, 2000/01 y 2001/02. Con los datos de la primera de las campañas citadas se presentó una comunicación al Primer Congreso Nacional de Información Geográfica, celebrado en Valladolid los días 6-8 de octubre de 1998 (Alcalá et al., 1998b); y una comunicación y un póster a un congreso internacional, concretamente al “First International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry. Lake Buena Vista, Florida, 1-3 June 1998” (Alcalá y Álamo, 1998a).

En el Capítulo X se describieron los Mapas de Contenido de Nutrientes, obtenidos a partir de los análisis foliares realizados durante dos años consecutivos. A partir de estos datos se presentó una comunicación, relativa a la agricultura de precisión, en un congreso nacional (Atenciano et al., 2000). Además, con la elaboración de estos datos ha sido aceptada, después de revisión, una publicación en una revista internacional, concretamente el “European Journal of Agronomy” (López Granados et al., 2003).

Al integrar los datos en un Sistema de Información Geográfico se pueden tomar decisiones para hacer más rentable el cultivo y reducir daños en el medio ambiente. Con la integración de los datos de cosecha de la campaña 1998/99 y los del análisis foliar de 1999 se presentó una comunicación y un póster en el XI Simposium Científico-Técnico de Expoliva 2003 (Álamo et al., 2003a). También ha sido aceptada una comunicación donde se integran el MDT, los mapas de cosecha de tres campañas y la distribución espacial del contenido de los elementos nutritivos analizados, que se presentará en la IX Conferencia Iberoamericana de SIG y VII Congreso Nacional de la AESIG (Álamo et al., 2003b).

XI.1 Datos integrados en el SIG.

El programa informático MapInfo Professional 6.5 permite manejar una cantidad ingente de datos, y estudiar su distribución espacial.

Se ha utilizado un sistema de malla vectorial para definir unas unidades mínimas de análisis, mediante cuadrículas completas de 20m x 20m (en el interior de la finca) o incompletas para adaptarse a las lindes de las parcelas. Cada unidad mínima queda definida por las coordenadas X e Y de su centroide, un código que une en una misma variable las coordenadas X e Y, un identificador (un número natural) y la parcela a la que pertenece (parcela 7 ó 207). De esta forma se pueden diferenciar aquellos trozos de la malla que proceden de un mismo cuadrado, pero que están separados por el carril que actúa como linde de las parcelas.

Se importaron los datos obtenidos a partir del Modelo Digital del Terreno, que se obtuvo utilizando el Programa Surfer 7.0. En concreto, se importaron los datos de:

1. Altitud sobre el nivel del mar.
2. Pendiente.

Se utilizó la ortofoto del SIG Oleícola (MAPA, 2001b) para capturar la imagen de las parcelas. También se capturó una ortofoto en color de la Consejería de Medio Ambiente (CMA, 2003). A partir de la ortofoto fue posible conocer otro dato más:

3. Número de olivos existentes en cada unidad mínima de estudio.

A partir de los mapas de cosechas, se obtuvo la producción de aceituna por unidad de superficie, expresada en kilogramos de aceituna por metro cuadrado, para cada una de las cinco campañas. Estos valores se consiguieron sumando la cosecha asignada a cada punto georreferenciado (como se describió en el Capítulo VII, y cuyos valores aparecen en el Anexo 2) que estaba incluido en el polígono de cosecha considerado, y dividiendo la cosecha acumulada por el área del polígono (en m²).

Tomando como base los datos geométricos de la Tabla “Resultados”, donde se habían definido las unidades mínimas de estudio y se habían georreferenciado los puntos de cosecha (con todos sus valores asociados), se crearon cinco tablas —una para cada campaña estudiada—. En cada una se definieron tres campos: el código, la producción de aceituna asignada y la producción por metro cuadrado.

En cada tabla se han digitalizado todos y cada uno de los polígonos de cosecha que vimos en el Capítulo IX (Figuras IX.3 a IX.7). El valor de la producción por metro cuadrado se obtuvo dividiendo el valor de la producción (de los puntos de cosecha incluidos en cada uno de los polígonos) por el área del polígono.

Posteriormente, con los datos resultantes de producción por unidad de superficie (kg de aceituna / m²) de cada una de las cosechas, se actualizaron los campos correspondientes a la producción de aceituna de la tabla matriz de “Resultados”. Para ello se asignó a cada una de las unidades mínimas de estudio el valor de la producción por unidad de superficie correspondiente al polígono de la tabla de producción que lo contenía.

Como conocemos el rendimiento graso de cada campaña, podemos asignar la producción de aceite que corresponde a cada unidad mínima de análisis (kilogramos de

aceite por metro cuadrado). Así, los valores de producción de aceite por unidad de superficie (m^2) se obtuvieron a partir de los kilogramos de aceituna multiplicando por el rendimiento graso (en tanto por uno) de la campaña correspondiente.

Por tanto, en la Tabla “Resultados” se incluyeron los valores, expresados en kg/m^2 , de:

4. Producción de aceituna en la campaña 1997/98.
5. Producción de aceite en la campaña 1997/98.
6. Producción de aceituna en la campaña 1998/99.
7. Producción de aceite en 1998/99.
8. Producción de aceituna en la campaña 1999/00.
9. Producción de aceite en 1999/00.
10. Producción de aceituna en la campaña 2000/01.
11. Producción de aceite en 2000/01.
12. Producción de aceituna en la campaña 2001/02.
13. Producción de aceite en 2001/02.

El programa Surfer 7.0 se utilizó para obtener los mapas de contenido de nutrientes, de los años 1999 y 2000, tal y como se describió en el Capítulo X. A partir de los resultados obtenidos mediante el krigado, que permite tener una estimación de los valores en los puntos no muestrales, se generaron unos ficheros ASCII y se exportaron los datos de las concentraciones de elementos, analizados a partir de las muestras foliares, a sendas tablas creadas con el programa MapInfo 6.5 (una tabla por cada elemento y año).

En cada una de las tablas así creadas —que denominaremos de forma genérica “elemento_año”— se agregó un nuevo campo, denominado código, cuyo valor estaba en función de los valores de las coordenadas “x” e “y”. Dicho campo permitía relacionar los valores de cada tabla “elemento_año” con los centroides de las unidades mínimas de estudio con las que hemos trabajado. Así fue posible actualizar los valores de los 8 campos de la tabla de “Resultados”, correspondientes a los 4 elementos nutritivos analizados en los dos años.

14. Nitrógeno en 1999.
15. Nitrógeno en 2000.
16. Fósforo en 1999.
17. Fósforo en 2000.
18. Potasio en 1999.
19. Potasio en 2000.
20. Boro en 1999.
21. Boro en 2000.

XI.2 Producción de aceituna en el periodo considerado.

Al obtener los mapas de cosechas de cada campaña, observamos las diferencias propias entre los años de buena cosecha —como fue la obtenida en la campaña 2001/02, con 179.527 kg de aceituna— y los años de poca cosecha (es el caso de la campaña 1999/00, con 51.046 kg de aceituna). Igualmente, al tratarse de una explotación de secano, donde la vecería propia del olivo se manifiesta de manera más acusada que en regadío, las zonas de la finca que un año han tenido buena cosecha en el año siguiente tienen menos producción que las zonas que tuvieron poca cosecha.

Como ejemplo, podemos ver las Figuras XI.1 y XI.2, donde se representan los mapas de cosecha de las campañas 1997/98 y 1998/99, respectivamente. Se han elegido los mismos intervalos de producción que utilizó la Consejería de Agricultura y Pesca en el libro “El Olivar Andaluz” (CAP, 2003). Concretamente en las páginas 59 y 70, en los gráficos de producción de aceituna (en kg/ha), emplea los intervalos ≤ 500 , 500-1.500, 1.500-3.000, 3.000-5.000 y > 5.000 kg/ha. En las Figuras XI.1, XI.2 se utilizan los mismos intervalos, pero expresados en kilogramos de aceituna por metro cuadrado, es decir $\leq 0,05$ kg/m², 0,05-0,15 kg/m², 0,15-0,30 kg/m², 0,30-0,50 kg/m² y 0,50-1,00 kg/m².

Para la toma de decisiones en el manejo de la explotación es de gran interés conocer la cosecha acumulada en las cinco campañas. Así lo recomienda Swindell en un trabajo

realizado en una finca de cultivos herbáceos en el Reino Unido (Swindell, 1997). La Figura XI.3 muestra el mapa que representa en cada celda el valor de la cosecha acumulada. En este caso se ha optado por representar los intervalos diferenciados por la desviación estándar; esto significa que el rango medio se establece como media de los valores de los datos y los rangos por encima y por debajo del rango medio establecen la desviación estándar por encima o por debajo de la media.

Para seguir trabajando con los valores definidos en el libro citado (CAP, 2003), con vistas a que nuestros resultados se puedan extrapolar a otras explotaciones, se calculó la cosecha media en cada unidad mínima de estudio, y se definieron los mismos intervalos de producción que se utilizaron en las campañas 1997/98 y 1998/99. El resultado está en la Figura XI.4. Como vemos, incluso las zonas de peor cosecha relativa que aparecían en la Figura XI.3, presentan valores superiores a 1.500 kg de aceituna por hectárea, cuando consideramos la media de las cinco campañas.

Figura XI.1 MAPA DE COSECHA DE LA CAMPAÑA 1997/98

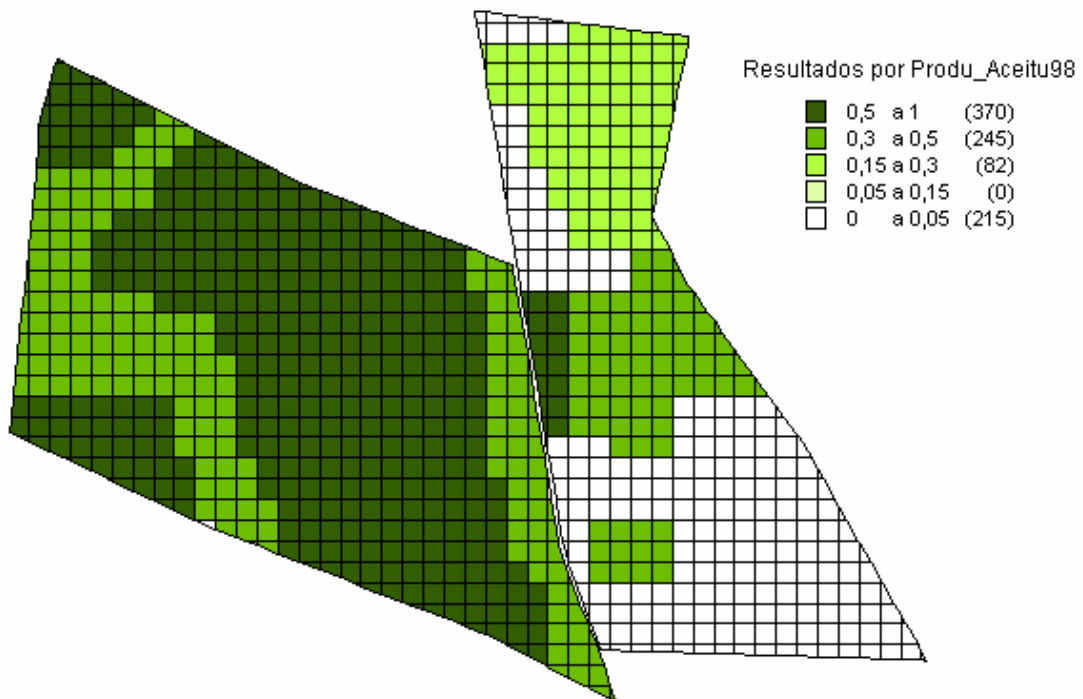


Figura XI.2 MAPA DE COSECHA DE LA CAMPAÑA 1998/99

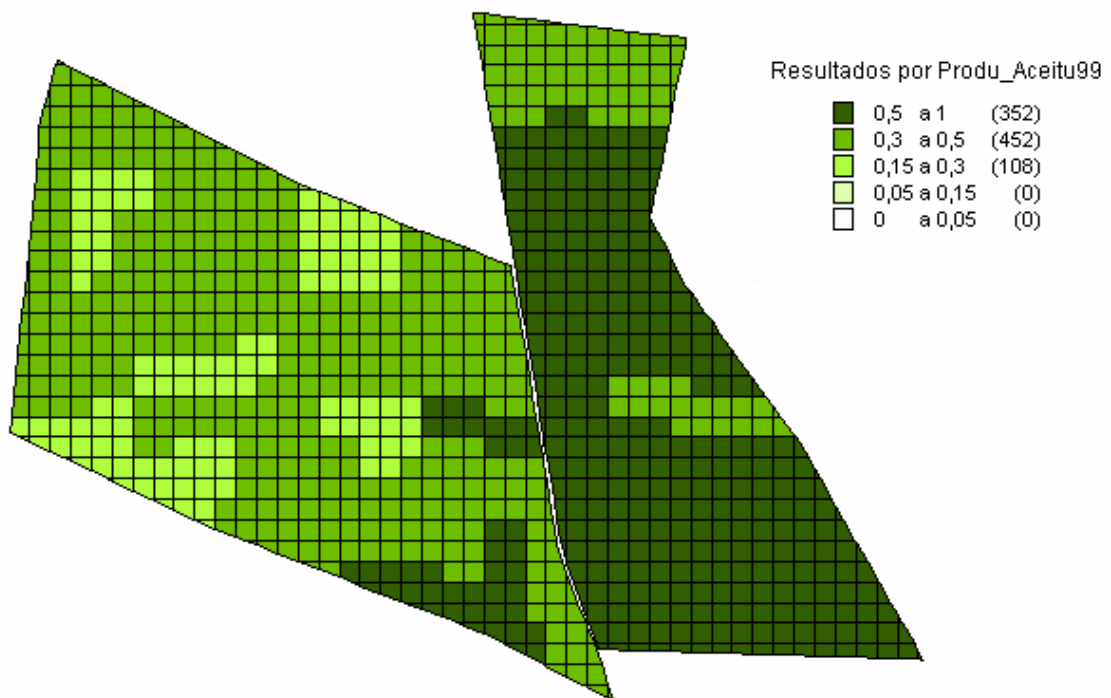
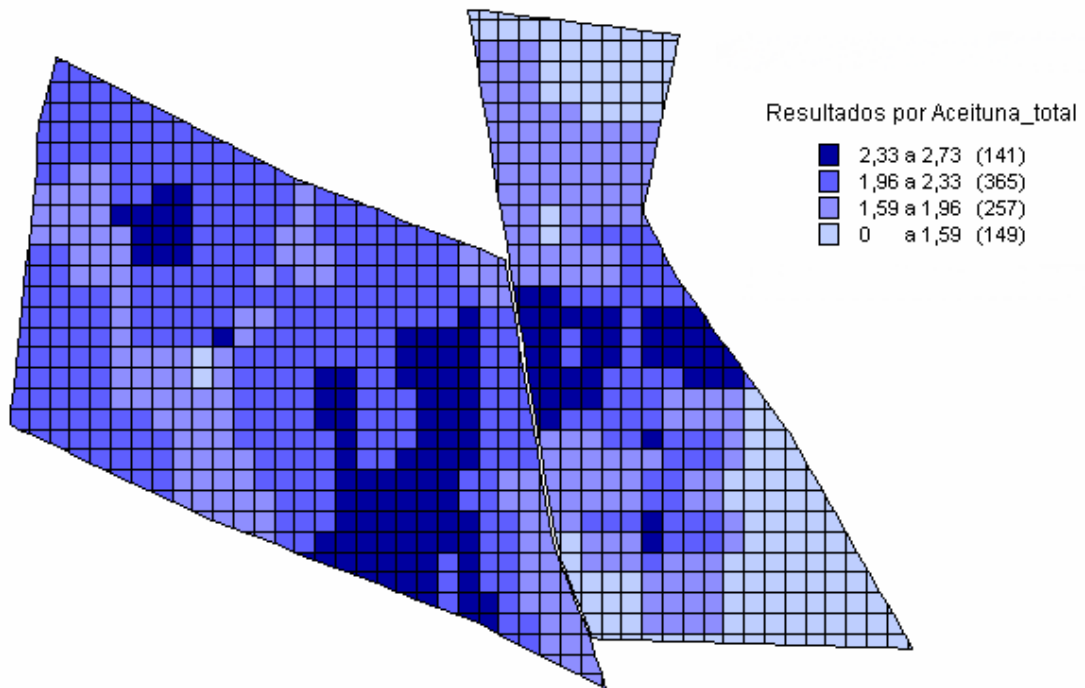
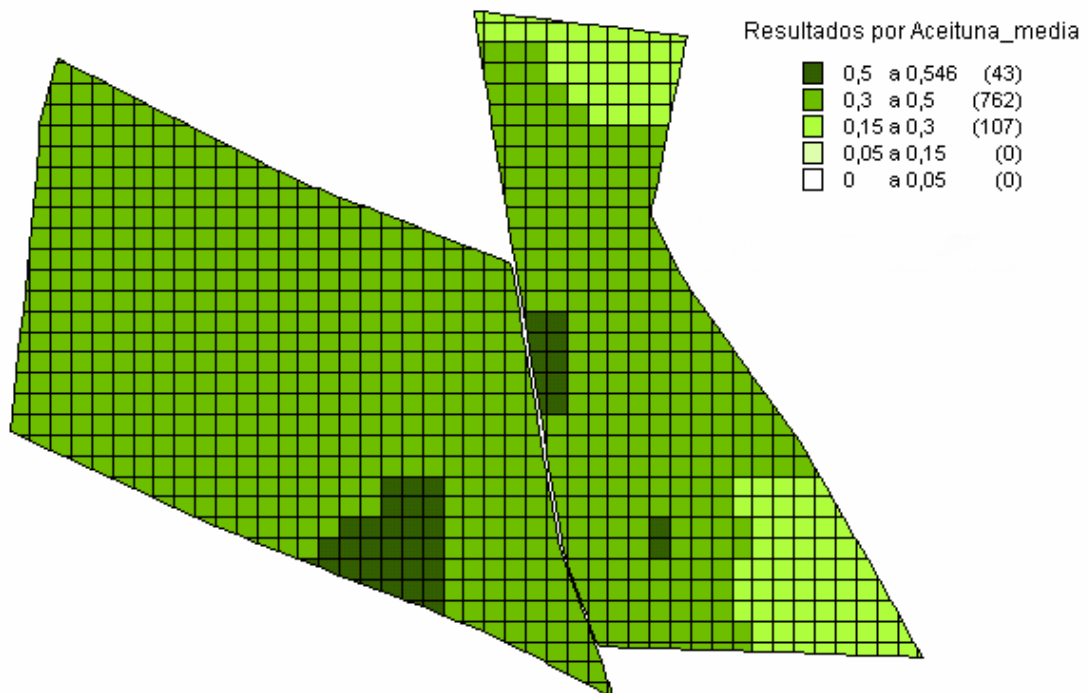


Figura XI.3 COSECHA TOTAL ACUMULADA DE ACEITUNA.



Los intervalos se han diferenciado en función de la desviación estándar.

Figura XI.4 COSECHA MEDIA DE ACEITUNA DE LAS CINCO CAMPAÑAS.



XI.3 Producción de aceite y margen neto de la explotación.

El objetivo de esta investigación es conocer la influencia en la economía del agricultor olivarero del manejo de su explotación, de forma particular e individualizada. No podemos olvidar que aunque en la finca se produce aceituna, y toda reducción en los costes de producción repercutirá en un aumento del beneficio, los ingresos provienen del aceite de oliva —tanto por la venta del mismo, como por la subvención ligada a la producción de aceite—.

Al considerar las producciones de aceituna y de aceite obtenidas en las cinco campañas estudiadas, tenemos que el rendimiento graso medio de esta explotación ha sido del 24,45%, como se aprecia en la Tabla XI.1. Teniendo en cuenta que el libro “El Olivar Andaluz”, en su página 68, utiliza intervalos de rendimiento graso del 20 – 22 – 24% (CAP, 2003); se ha considerado que el rendimiento graso medio ha sido del 24%.

Tabla XI.1 RENDIMIENTO GRASO MEDIO.

Campaña	Aceituna (kg)	Aceite (kg)	Rendimiento graso
1997/98	132.198	26.294	19,89 %
1998/99	150.787	36.332	24,09 %
1999/00	51.046	14.346	28,1 %
2000/01	118.721	29.144	24,55 %
2001/02	179.527	48.504	27,02 %
TOTAL	632.279	154.620	24,45 %

Al considerar los intervalos de producción de aceituna que se describían en el estudio citado, tenemos que la producción de aceite que corresponde a esos intervalos, estaría comprendida entre los rangos:

< 72, 72-120, 120-360, 360-720, 720-1.200, >1.200 (datos expresados en kg de aceite/ha).

En el Capítulo VI se calculó el margen neto de la explotación en las campañas 2000/01 y 2001/02. Para tener una aproximación del margen neto que se puede obtener en una campaña media, en cada parte de la finca, se ha partido de la curva de costes de cultivo propuesta por Pretel en su “Diseño para una metodología para la caracterización de costes de cultivo de olivar en Andalucía” (Pretel, 2001) para olivares de secano con baja pendiente.

Para hallar la curva de costes se calculan independientemente:

- Curva de costes directos, excluyendo la recolección.
- Curva de costes directos de la recolección.
- Costes indirectos.

XI.3.1 Curva de costes directos, excluyendo la recolección.

El coste de las labores de cultivo (salvo la recolección) parte de un mínimo distinto de cero cuando la productividad de la explotación es nula, crece rápidamente conforme se incrementa la producción de la explotación hasta alcanzar un máximo. A partir de cierto nivel de producción, la productividad se debe más a las buenas condiciones edafoclimáticas, la vecería, etc. que a un incremento en el número o intensidad de las labores.

Para estos costes la curva ajustada es del tipo racional,

$$y = \frac{a + c * x}{1 + b * x}$$

Donde “x” es el rendimiento (kg de aceituna / hectárea) e “y” representa el coste (en Euros/ha). Los valores de los parámetro “a”, “b” y “c” se recogen en la Tabla XI.2.

Tabla XI.2 COEFICIENTES DE LA CURVA DE COSTES DE CULTIVO (SIN RECOLECCIÓN).

Coefficiente	Valor
a	71,4763097
b	0,0002315
c	0,35810487

Fuente: Elaborado a partir de Pretel, 2001, adaptándolo para €/ha.

Con lo cual tendríamos que los costes de cultivo, para los valores de producción de aceituna que limitan cada uno de los intervalos de estudio, serían:

Tabla XI.3 COSTES DE CULTIVO PARA LOS ESTRATOS DE PRODUCCIÓN (SIN RECOLECCIÓN)

Producción de aceituna (kg/ha)	Coste directo (sin recolección) (€/ha)
0	71,48
300	167,29
500	224,54
1500	451,76
3000	676,19
5000	863,04

XI.3.2 Curva de costes directos de la recolección.

El coste de recolección, a diferencia del anterior, se encuentra directamente relacionado con la productividad, incrementándose conforme lo hace el rendimiento de un modo prácticamente indefinido.

La curva del coste unitario de la recolección de cada kilogramo de aceituna, sigue una ecuación del tipo potencial negativo (Pretel, 2001):

$$y = a * x^{(b)}$$

donde la “y” representa el coste de la recolección en euros por hectárea, y “x” el rendimiento del olivar en kilogramos por hectárea. El exponente “b” toma valores entre -1 y 0.

Dado que el coste de recolección tiende a infinito cuando el rendimiento es cero, se ha fijado un coste máximo de recolección para rendimientos bajos. Suponemos que el agricultor recoge la aceituna hasta que el ingreso marginal que percibe por recogerla se iguala al coste marginal que supone su recolección, es decir, cuando el coste unitario de recolección es igual que los ingresos que percibe (precio de mercado del aceite más la subvención). Este coste máximo se ha fijado en 0,51 €/kg de aceituna (Pretel, 2001), dato que se obtiene suponiendo un precio de mercado de 1,65 €/kg de aceite, una subvención de 0,90 €/kg y un rendimiento industrial del 20%. El rendimiento en el que este precio es igual al coste de recolección está en torno a los 200 kg de aceituna por hectárea. Con rendimientos inferiores, consideraremos que se ha cosechado sólo parte de la explotación, con un coste unitario de 0,51 €/kg.

Tabla XI.4 COEFICIENTES DE LA CURVA DE COSTE DIRECTO DE RECOLECCIÓN

Intervalo de producción (kg/ha)	Coeficientes	
	a	b
< 3.500 kg aceituna /ha	5,035	0,4305
∃ 3.500 kg aceituna /ha	208,84	0,8866

Fuente: Elaborado a partir de Pretel, 2001, adaptándolo para €/ha.

Una vez conocido el coste unitario de recolección, el cálculo del coste por hectárea es inmediato, ya que basta con multiplicar el coste unitario por el rendimiento de la finca, quedándonos una ecuación del tipo:

$$y = a * x^{(1+b)}$$

Donde la “y” representa el coste de la recolección, en euros por hectárea, y “x” el rendimiento del olivar en kilogramos de aceituna por hectárea.

Por tanto, los costes de cultivo de la recolección, para los valores de producción de aceituna que limitan cada uno de los intervalos de estudio, serían:

Tabla XI.5 COSTES DE LA RECOLECCIÓN PARA LOS ESTRATOS DE PRODUCCIÓN

Producción de aceituna (kg/ha)	Coste directo de la recolección (€/ha)
0	0,51
300	129,64
500	173,42
1500	324,20
3000	481,11
5000	548,63

XI.3.3 Margen neto a partir de las curvas de costes.

De acuerdo con lo calculado en el Capítulo VI.3, se ha considerado que los costes indirectos suponen 83 €/ha.

En la Tabla VI.12 se calcularon los precios percibidos por los agricultores olivareros desde la campaña 1997/98 a la 2001/02, por kilogramo de aceite, teniendo en cuenta tanto el precio de venta del aceite, como el valor de la subvención recibida. El valor medio de las cinco campañas consideradas es de 2,868 €/kg.

Al tener en cuenta los intervalos de producción de aceituna que utiliza la publicación “El Olivar Andaluz” (CAP, 2003) y su equivalente en kilogramos de aceite; y aplicando los resultados obtenidos con las curvas de producción antes descritas, tenemos que los valores del margen neto obtenidos para los intervalos productivos considerados son los que se recogen en la Tabla XI.6:

Tabla XI.6 MARGEN NETO PARA LAS PRODUCCIONES CONSIDERADAS

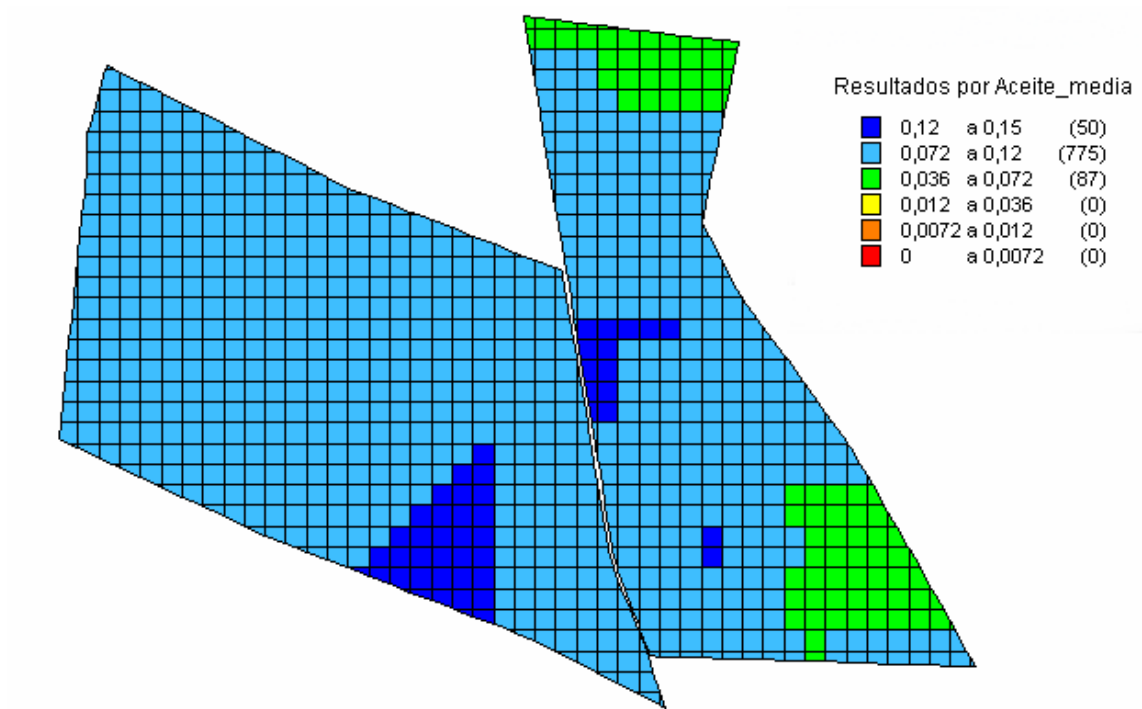
Aceituna (kg/ha)	Coste Indir. (€/ha)	Coste sin recolección (€/ha)	Coste de recolección (€/ha)	Coste Total (€/ha)	Aceite (kg/ha)	Ingresos (€/ha)	Margen Neto (€/ha)
0	83	71,48	0,51	154,99	0	0,00	-154,99
300	83	167,29	129,64	379,93	72	206,50	-173,43
500	83	224,54	173,42	480,96	120	344,16	-136,80
1.500	83	451,76	324,20	858,96	360	1.032,48	173,52
3.000	83	676,19	481,11	1.240,30	720	2.064,96	824,66
5.000	83	863,04	548,63	1.494,67	1.200	3.441,60	1.946,93

Vemos que cuando la producción de aceituna es de 0, 300 ó 500 kg/ha el margen neto es negativo; y cuando la producción de aceituna es de 1.500 kg/ha —que es lo mismo que decir que se obtienen 360 kg/ha de aceite— el margen neto es positivo.

Si observamos la Figura XI.5, que representa la producción de aceite media de las cinco campañas objeto de estudio, encontraremos una gran semejanza con la Figura XI.4 (cosecha media de aceituna), pero no una igualdad, debido a que el rendimiento graso de cada campaña fue distinto, y por lo tanto fue diferente la aportación relativa de la producción de aceituna y de aceite de cada campaña en la producción total y la producción media.

La Figura XI.5 nos permite comprobar cómo se puede utilizar la información integrada en un Sistema de Información Geográfico, para representar las zonas de una explotación que presentan margen neto positivo o negativo. En nuestro caso en toda la finca estudiada se obtuvo un margen neto positivo al considerar la media de las campañas 1997/98 a 2001/02.

Figura XI.5 MARGEN NETO EN FUNCIÓN DE LA PRODUCCIÓN MEDIA DE ACEITE.



XI.4 Combinación de distintas variables.

Gracias al procedimiento descrito en el apartado XI.1, ha sido posible integrar en una única tabla todos los datos. Así conseguimos obtener, mediante consultas sencillas, resultados que integran las distintas variables con importancia económica.

XI.4.1 Relación entre la menor cosecha, la mayor cota y la deficiencia de Nitrógeno.

En la Figura XI.6 podemos ver las unidades mínimas de estudio donde hubo deficiencia de nitrógeno en alguno de los análisis realizados en 1999 y 2000.

En la Figura XI.7 podemos ver un extracto del listado de unidades mínimas seleccionadas en función de su bajo contenido en nitrógeno. Se han representado las zonas en las que el contenido de nitrógeno estuvo por debajo del umbral que se considera adecuado (véase la Tabla VII.2). Se observa que todas las características propias de cada unidad permanecen en esta selección. Por lo cual podríamos realizar nuevas selecciones para conocer qué zona, además de presentar deficiencias en nitrógeno, tiene otra característica (de producción, pendiente, ...) que queramos destacar.

La Figura XI.8 representa la zona seleccionada como un solo objeto. Así conseguimos la capacidad de presentación de un ráster, y además tenemos las ventajas de que se trata de entidades vectoriales con campos asociados.

En la misma Figura XI.8 se puede ver cómo, entre otras, tenemos la posibilidad de conocer, de manera inmediata, el área del objeto seleccionado. En este caso la superficie en la que el contenido de nitrógeno en hoja era inferior a 1,5 % en alguna campaña, fue de 7,86 Has, que suponen el 24,8% de la superficie de la explotación.

También podemos ver la relación que existe entre las zonas que presentaron una cosecha acumulada de aceituna menor y la altitud de la finca. Así en la Figura XI.9 se aprecia la superficie que presentaba una cosecha acumulada inferior a 1,59 kg/m² de media. Es decir, perteneciente al último intervalo de la Figura XI.3 (significa menos de

0,318 kg/m² anuales de media). En total era una superficie de 4,56 hectáreas. En esta zona, la altitud es igual o superior a 535 metros en 4,05 Has; es decir el 93,1% de la zona de menor producción corresponde a la parte de la finca con mayor cota; como puede verse en la Figura XI.10, en color más oscuro.

En la Figura XI.11 se han integrado los datos de las figuras anteriores. Así tenemos que en la explotación estudiada se comprueba que en el 80,9% de la superficie (3,69 Has) que presenta menor cosecha acumulada, tiene una altitud superior a 535 metros y además hay deficiencias de nitrógeno en alguno de los análisis foliares realizados en 1999 y 2000.

XI.4.2 Relación entre la mayor cosecha, menor cota y pendiente suave.

Igualmente se aprecia que las entidades de análisis de la finca con valores acumulados de cosecha más altos, según los intervalos que se calcularon en función de la desviación estándar (mayores a 2,33 kg de aceituna por m²) ocupa una superficie de 5,16 hectáreas; de las cuales 3,70 Has (es decir, el 71,7%) tienen una altitud menor de 530 metros y una pendiente inferior a 5,7 grados (menos del 10% de pendiente). Así, por tanto, se aprecia una relación entre la cosecha, la altitud relativa y la pendiente en esta finca. Podemos ver el resultado en la Figura XI.12, en la que el color azul oscuro indica la zona de mayor producción acumulada que coincide con baja cota relativa y baja pendiente.

XI.4.3 Zonas de la explotación donde se puede reducir la aplicación de fertilizantes.

XI.4.3.1 *Nitrógeno*

Como vimos en el Capítulo VI.1.4, en la explotación estudiada se aplican 49,04 Unidades Fertilizantes de nitrógeno por hectárea y año; como la densidad media es de 83,15 olivos/ha, tenemos que se aportan en torno a 0,6 kg nitrógeno por árbol y año.

La mayor parte del nitrógeno procede de la aplicación de Urea a la salida del reposo invernal de los árboles; pues supone una aplicación bienal de 2,5 kg/árbol de

Urea, cuya riqueza en nitrógeno es del 46%, es decir 1,15 kg de N/árbol cada dos años (0,57 kg de nitrógeno por olivo y año). Esta aplicación está dentro del rango recomendado por Fernández Escobar (1997), como vimos en el Capítulo VI.1.4 ,y permite que el nivel nutritivo de la mayoría de los árboles tengan un nivel de N en hoja adecuado.

Por otra parte, ya vimos en el Capítulo VI.1.4 que la aplicación anual de fertilizantes nitrogenados en los olivos no parece ser necesaria para obtener una buena producción y crecimiento cuando el contenido de nitrógeno en las hojas supera el umbral en el que se considera adecuado (Marín y Fernández-Escobar, 1997).

Además, recientemente se ha descrito que un exceso en la fertilización anual de nitrógeno (N) mediante la aplicación anual al suelo cuando el contenido de N en hoja es mayor o igual a 1,5%, no sólo afecta negativamente a la calidad del agua subterránea y a la economía del agricultor, sino que también influye negativamente en la calidad del aceite de oliva debido a un descenso del contenido de polifenoles (Fernández-Escobar¹ et al., 2002).

De acuerdo con los autores citados, no sería necesaria la aplicación generalizada de fertilizantes nitrogenados en la explotación todos los años, sino sólo en aquellas zonas en las que el análisis foliar mostrara un contenido de nitrógeno en la hoja por debajo del 1,5%. Se podría eliminar la aplicación generalizada de aminoácidos.

Por otra parte, dada la facilidad que tiene este elemento para ser lavado y llegar a los acuíferos, sería conveniente sustituir la aplicación bienal de urea en febrero por una aportación anual de la mitad de fertilizante; esto es: 1,25 kg/árbol. En los años que no se abonó con urea (1997, 1999, 2001 y 2002), probablemente la cantidad residual de nitrógeno era nula y no se apreciaron problemas en las cosechas de aceituna.

Tomando como base el análisis foliar del verano anterior, sería necesario abonar con urea, según las recomendaciones de Marín y Fernández-Escobar (1997), sólo en una superficie de 2,29 hectáreas, según el análisis de 1999 que se puede ver en la Figura

XI.13, o en 7,68 Has, de las 31,67 Has que tiene la explotación, según el análisis foliar de 2000, como se aprecia en la Figura XI.14. Aunque aparecen algunas entidades aisladas, especialmente en la Figura XI.13, la superficie total nos sirve como indicativo de las necesidades de nitrógeno, ya que aunque no se abonaran las unidades aisladas, en las zonas mayores podrían abonarse algunos olivos más del perímetro.

XI.4.3.1 *Abonado foliar.*

Según vimos en el Capítulo VI.1.4 es conveniente mantener la fertilización con potasio, por lo que el tratamiento con Potasa (Nitrato Potásico) que se realiza en octubre debería mantenerse. En el mismo capítulo se indica que, según Fernández-Escobar (1997) no hay respuesta al abonado con fósforo, salvo que el contenido en hoja sea claramente deficiente (<0,4 %), que no es nuestro caso.

Dado que la fertilización con Boro, al igual que la de Nitrógeno, debe hacerse en las zonas en que este elemento es deficiente, la aplicación de abonado foliar que se realiza en marzo sólo sería necesaria en las zonas de la finca donde se detectara deficiencia de al menos uno de estos elementos: Nitrógeno, Potasio ó Boro.

Así, según los resultados del análisis foliar de julio de 1999, sólo habría que hacer una aplicación localizada de abonado foliar en la parte de la finca que se muestra en la Figura XI.15, es decir en 18,94 Has de las 31,67 que tiene la explotación.

Y si nos basamos en el análisis que se realizó en el año 2000, habría que aportar ese abono foliar sólo en 16,61 Has, que corresponden a las entidades mínimas de análisis que se representan en la Figura XI.16.

¹ Citado por López Granados et al. (2003)

Figura XI.6 UNIDADES MÍNIMAS CON DEFICIENCIAS DE NITRÓGENO EN 1999 ó 2000.

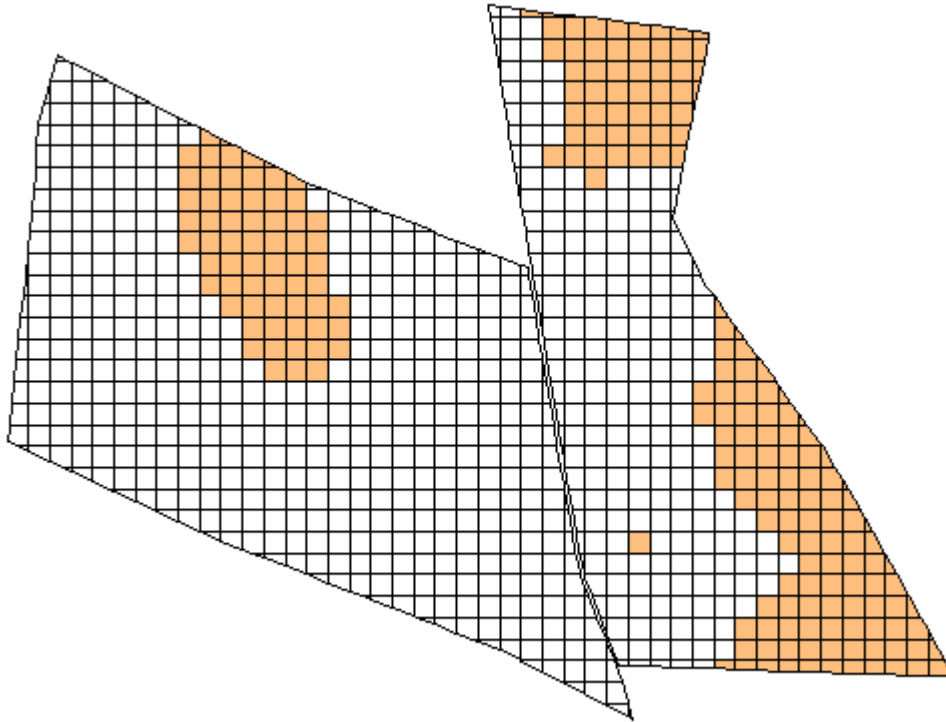


Figura XI.7 LISTADO DE LAS UNIDADES DE ESTUDIO CON DÉFICIT DE NITRÓGENO EN ALGUNA CAMPAÑA.

Produ_Aceitu01	Produ_Aceitu02	Produ_Aceitu03	Nitrogeno_99	Nitrogeno_00	Fosforo_99	Fosforo_00	Potasio_99	Po
0,60075	0,187196	0,692805	1,54899	1,48329	0,072	0,0934384	1,07434	
0,60075	0,187196	0,692805	1,54174	1,47712	0,073	0,0928269	1,06441	
0,60075	0,187196	0,692805	1,53235	1,47836	0,072	0,0922088	1,04902	
0,388279	0,187196	0,692805	1,51916	1,48121	0,072	0,0915958	1,03094	
0,388279	0,187196	0,692805	1,51365	1,4904	0,071	0,0915765	1,01826	
0,60075	0,134362	0,497267	1,53617	1,49053	0,068	0,0927848	1,09822	
0,60075	0,134362	0,497267	1,53055	1,4543	0,069	0,0921606	1,10083	
0,60075	0,134362	0,497267	1,52492	1,4292	0,071	0,0915201	1,09788	
0,388279	0,134362	0,497267	1,52204	1,43255	0,071	0,0911242	1,0835	
0,388279	0,134362	0,497267	1,515	1,44359	0,071	0,090718	1,0629	
0,388279	0,187196	0,692805	1,50119	1,45176	0,07	0,0901936	1,03966	
0,388279	0,187196	0,692805	1,49583	1,4649	0,07	0,0902784	1,02317	
0,388279	0,187196	0,692805	1,50863	1,48848	0,07	0,0913951	1,01899	
0,60075	0,134362	0,497267	1,50537	1,49888	0,064	0,0914706	1,11178	

Figura XI.8 SUPERFICIE DE LA EXPLOTACIÓN CON DEFICIENCIA EN NITRÓGENO EN 1999 ó 2000.

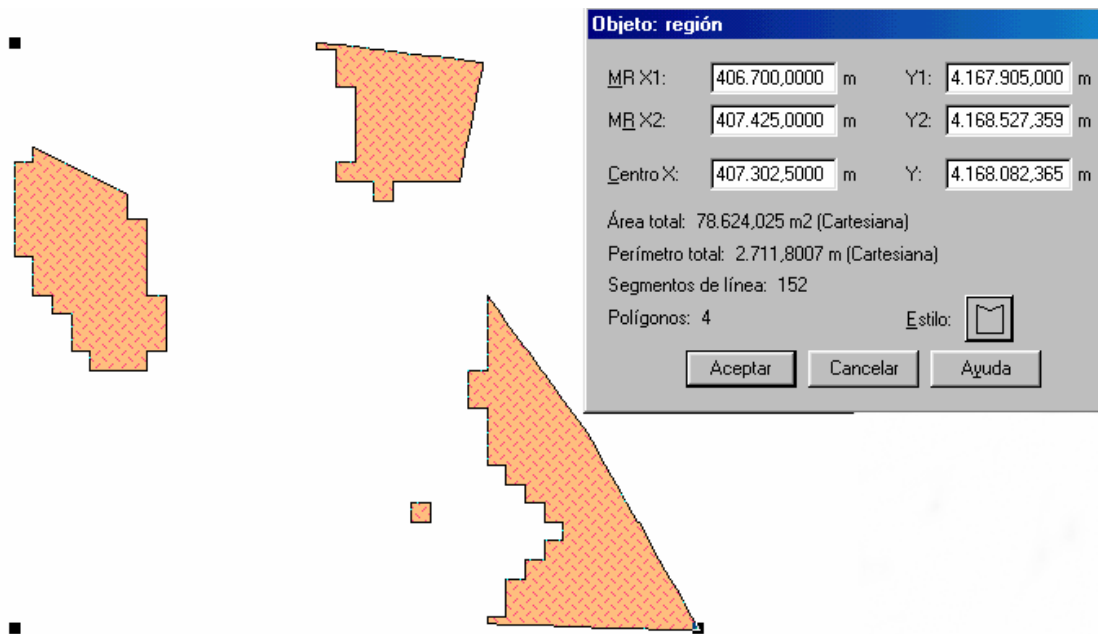


Figura XI.9 MENOR COSECHA ACUMULADA

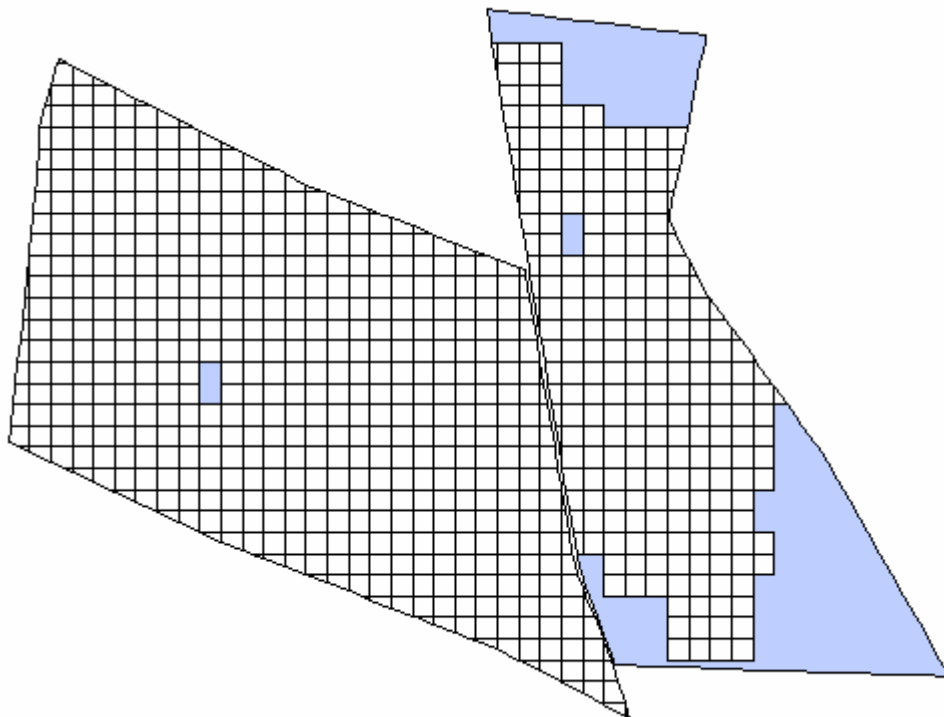


Figura XI.10 MENOR COSECHA Y MAYOR COTA

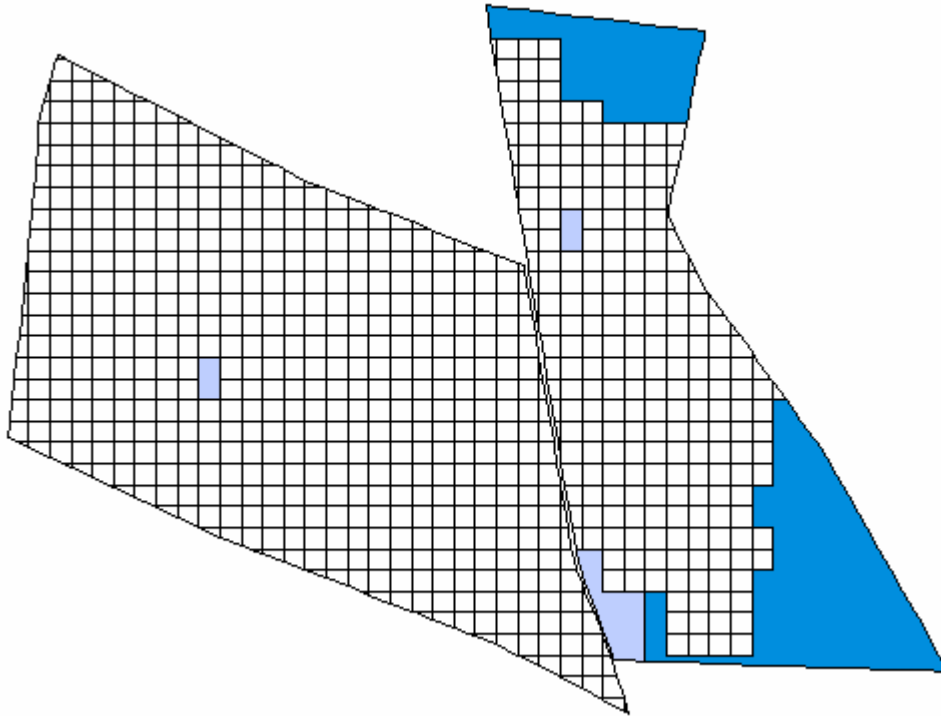


Figura XI.11 MENOR COSECHA, MAYOR COTA Y DEFICIENCIA DE NITRÓGENO.

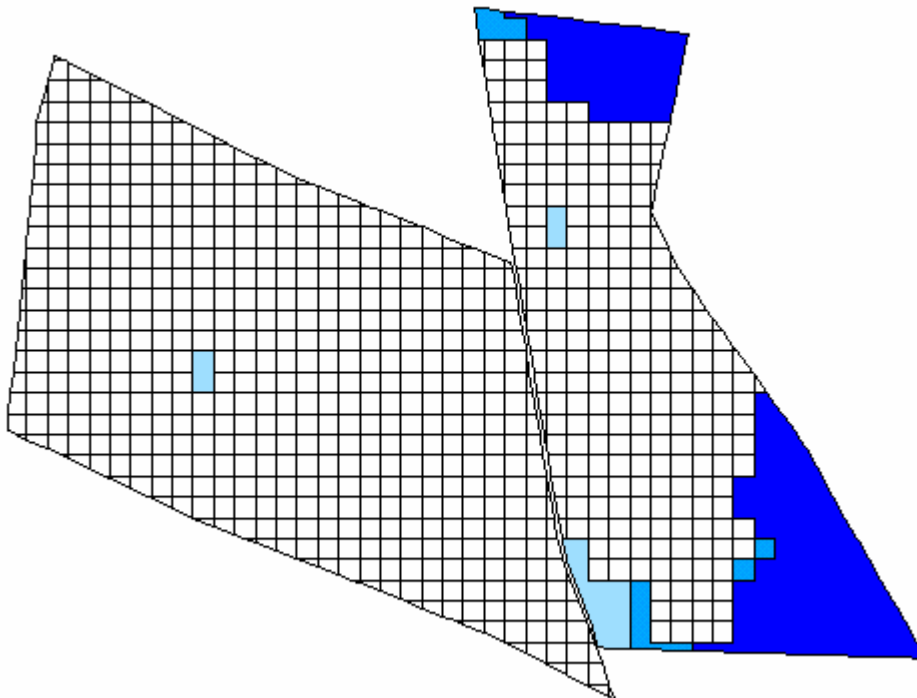


Figura XI.12 MAYOR COSECHA ACUMULADA EN ZONAS DE COTA BAJA Y POCA PENDIENTE.

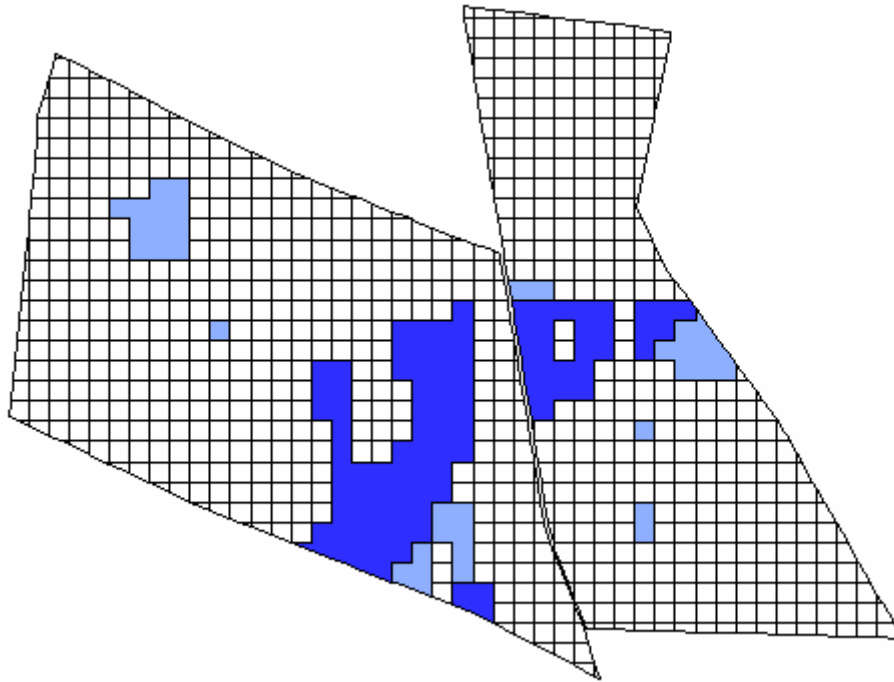


Figura XI.13 NECESIDADES DE ABONADO CON UREA SEGÚN EL ANÁLISIS FOLIAR DE 1999

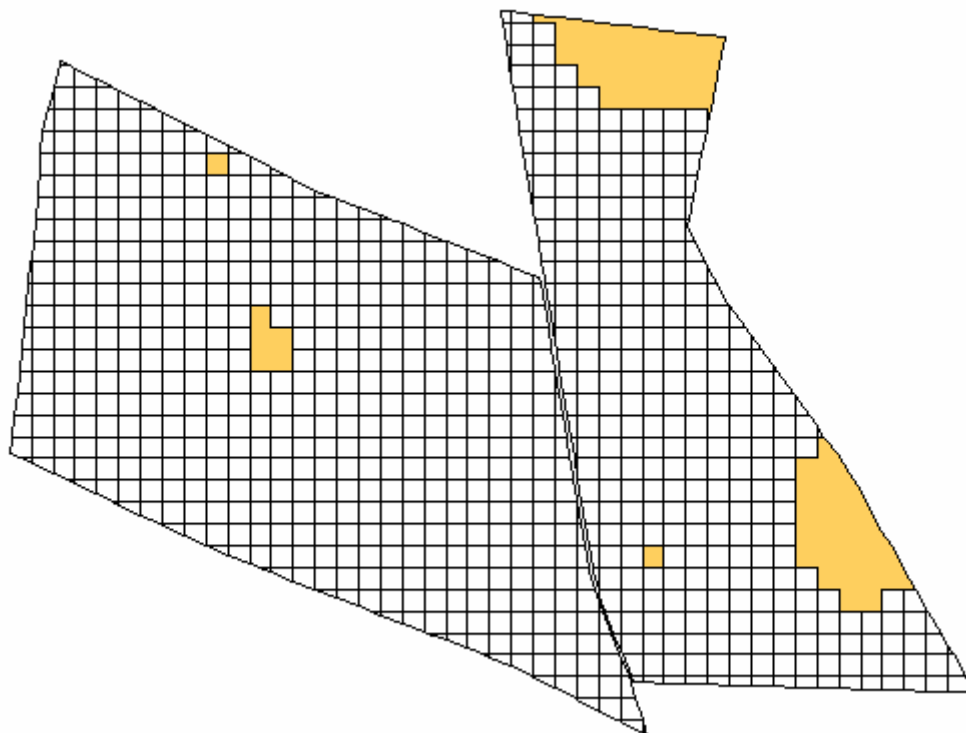


Figura XI.14 NECESIDADES DE ABONADO CON UREA SEGÚN EL ANÁLISIS FOLIAR DE 2000

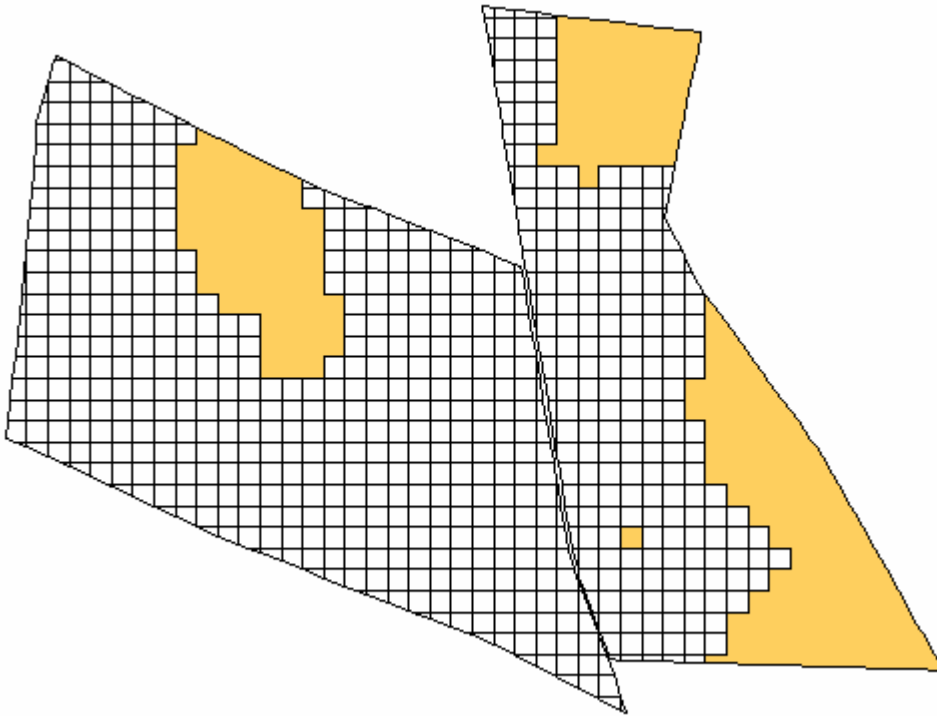


Figura XI.15 NECESIDADES DE ABONADO FOLIAR EN 1999

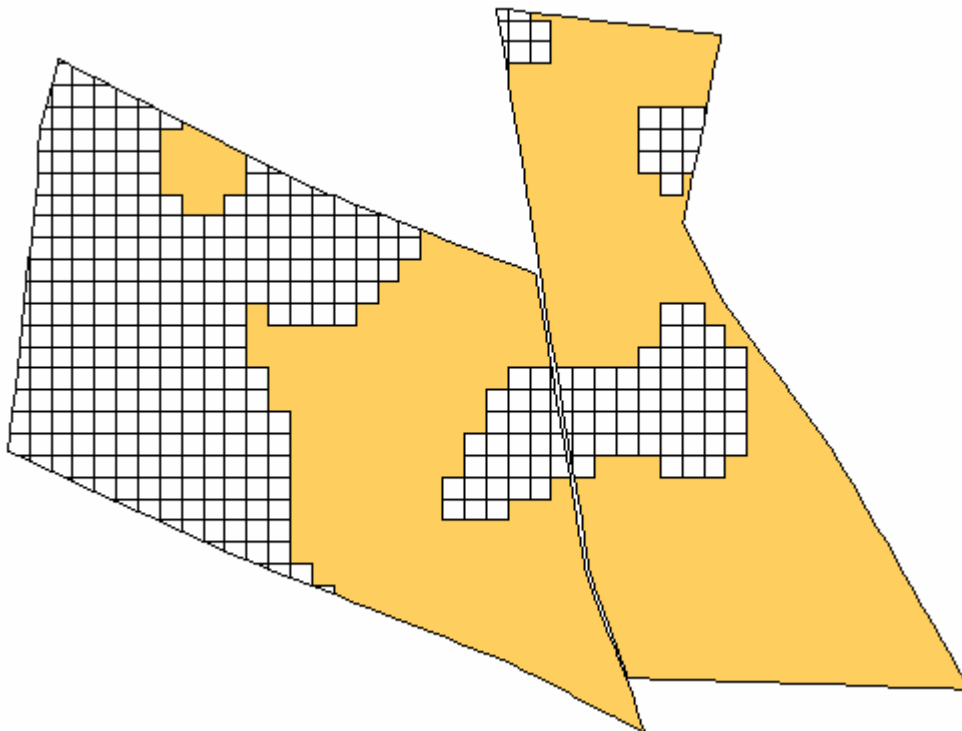
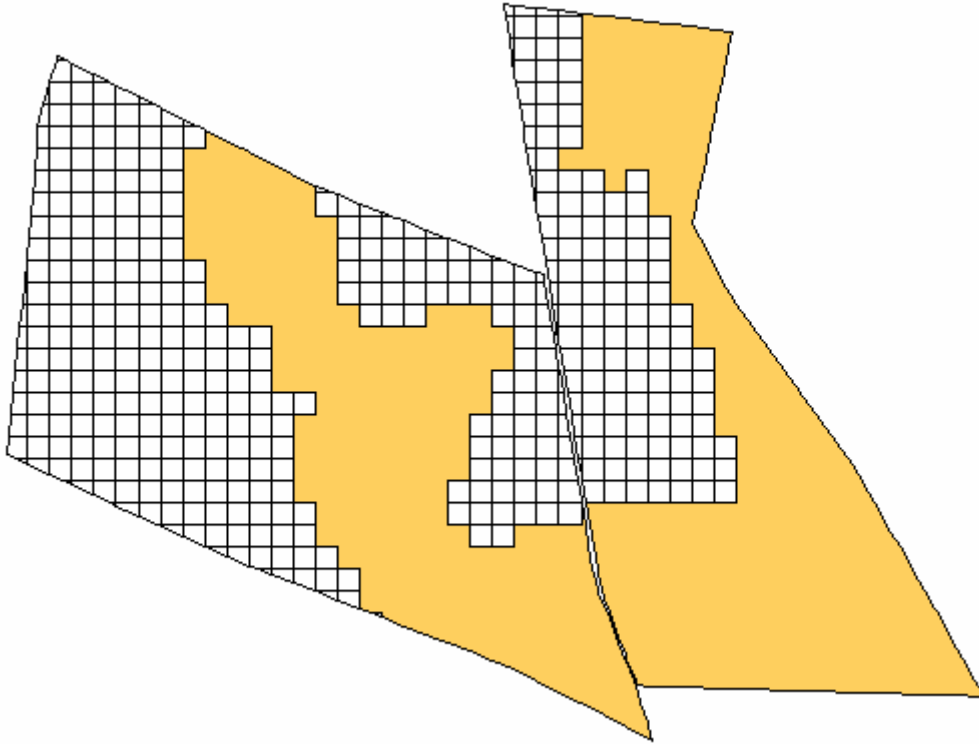


Figura XI.16 NECESIDADES DE ABONADO FOLIAR EN 2000



XI.5 Valoración económica de los resultados obtenidos.

Con el método de trabajo seguido se puede comprobar que, en la explotación estudiada, están relacionadas las zonas de mayor producción con las vaguadas del terreno; y que las zonas de menor producción (cuando consideramos el conjunto de las cinco campañas estudiadas) corresponden a las zonas de mayor cota relativa de la finca y con deficiencia en Nitrógeno.

En todo caso, sería aventurado pretender establecer una relación directa entre las variables indicadas y su efecto en la cosecha de aceituna. Sabemos que la producción depende de muchas variables, principalmente la disponibilidad de agua, y una función de producción debe considerar de forma adecuada todas ellas.

Sí se puede valorar económicamente la reducción de fertilizantes que se ha justificado con los resultados indicados en el apartado anterior, en base a los estudios citados en el Capítulo VI.1.4.

Si el productor olivarero realizara los tratamientos de acuerdo con las recomendaciones propuestas, tendríamos que:

1.- La fertilización generalizada con Urea en febrero se podría eliminar algunos años. Cuando fuera necesario realizarla en toda la explotación, la dosis necesaria y el tiempo empleado sería como el que figura en la Tabla VI.5. Pero en otras campañas, como las que se han estudiado, sólo sería necesario aportarla en una media de 4,98 Has —considerando la media de los resultados de los análisis de 1999 y 2000—, es decir, en el 15,7% de la explotación.

2.- Tratamiento fitosanitario y abonado foliar de marzo: Es conveniente mantener la aplicación de cobre contra el repilo, pero no es necesario aportar Dimetoato contra la generación filófaga de Prays (Alvarado y Civantos, 1997). El abono foliar y los aminoácidos sólo tendrían que aportarse en unas 17,77 hectáreas —considerando la media de los resultados de los análisis de 1999 y 2000—, es decir, en el 56,1% de la explotación.

3.- Tratamiento fitosanitario y abonado foliar de mayo: Es conveniente mantener el tratamiento con Dimetoato contra la generación antófaga de Prays; pero es suficiente con el tratamiento de marzo y de octubre para controlar el repilo, por lo que no es necesaria la aplicación de Cobre. Tampoco habría que hacer una aplicación generalizada de aminoácidos en este momento.

4.- El tratamiento contra Repilo de octubre, que coincide con la aplicación de abonado nitrogenado y potásico, sí debe mantenerse.

Así pues, partiendo de una situación inicial como la expresada en las Tablas VI.4 y VI.5, tenemos que el coste normal de los tratamientos fitosanitarios y la fertilización es el que se aprecia en la Tabla XI.7. El coste final considera toda la superficie de la explotación (31,67 has).

Tabla XI.7 COSTE NORMAL DE LOS TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS Y LA FERTILIZACIÓN.

Época	Producto	Superficie tratada (has)	Coste/ha parcial (€/ha)		Coste final (€/ha)
			MO+MAQ	Productos	
Febrero	Urea	31,67	9,36	20,78	30,14
Marzo	Cobre	31,67	8,59	13,21	37,40
	Dimetoato			1,00	
	Abono foliar			3,69	
	Aminoácidos			10,91	
Mayo	MO+MAQ	31,67	8,59	4,40	23,43
	Cobre			1,71	
	Dimetoato			8,73	
	Aminoácidos				
Octubre	Cobre + Potasio	31,67	8,59	11,84	20,43
TOTAL					111,40

El coste que tiene la explotación para mantener los olivos con un nivel fitosanitario y nutritivo adecuado, aplicando las técnicas propias de la agricultura de precisión para hacer aportaciones localizadas de productos únicamente en las zonas donde es necesario, puede verse en la Tabla XI.8. El coste final considera toda la superficie de la explotación (31,67 has).

Tabla XI.8 COSTE DE LOS TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS Y LA FERTILIZACIÓN LOCALIZADA

Época	Producto	Superficie tratada (has)	Coste/ha parcial (€/ha)		Coste final (€/ha)
			MO+MAQ	Productos	
Febrero	Urea	4,98	1,47	3,27	4,74
Marzo	Cobre	31,67		13,21	29,99
	Dimetoato	0,00		0,00	
	Abono foliar	17,77		2,07	
	Aminoácidos	17,77		6,12	
	MO+MAQ	31,67	8,59		
Mayo	Cobre	0,00		0,00	10,30
	Dimetoato	31,67		1,71	
	Aminoácidos	0,00		0,00	
	MO+MAQ	31,67	8,59		
Octubre	Cobre + Potasio	31,67	8,59	11,84	20,43
TOTAL					65,46

Por tanto, además de los beneficios medioambientales que la reducción de la aplicación de productos químicos de síntesis tiene para la sociedad en su conjunto, en esta explotación se produce un ahorro para el productor de 45,94 €/ha en una campaña como las estudiadas (111,40 €/ha – 65,46 €/ha). Dado que la finca tiene 31,67 has, el ahorro en esta explotación es de 1.455 € anuales.

Este ahorro de 45,94 €/ha anuales en la aplicación de productos fitosanitarios y fertilizantes, implica un importante ahorro en estos insumos. Concretamente, partiendo de los datos recogidos en las Tablas VI.4 y VI.5, la explotación estudiada tiene unos

costes anuales de 43,15 €/ha en tratamientos fitosanitarios y 68,26 €/ha en la fertilización (incluyendo tanto la materia prima, como la maquinaria y la mano de obra necesaria para aplicarlos). Es decir, esos costes sumaron un total de 111,41 €/ha, con precios del año 2002.

Por tanto el ahorro de 45,94 € supone que el productor olivarero puede ahorrar, algunos años, hasta el 41,2% del coste de agroquímicos.

Bien es verdad que no todas las campañas sería así. Sería ilusorio afirmar que la aportación primaveral de Urea podría suprimirse todos los años. Ya hemos visto que la aportación de nitrógeno en esta explotación no supone una cantidad excesiva de unidades fertilizantes, respecto a las recomendaciones de la bibliografía (Fernández-Escobar, 1997). Pero no es menos cierto que, debido a la solubilidad de este elemento, la aplicación bienal de Urea ha significado que *de facto* algunos años haya bastado con la aportación de nitrógeno por vía foliar.

Si nos atenemos a las recomendaciones de los autores citados (Marín y Fernández-Escobar, 1997) la aplicación anual de fertilizantes nitrogenados en los olivos no es necesaria para obtener una buena producción y crecimiento cuando el contenido de nitrógeno en las hojas supera el umbral que se considera adecuado, y que está descrito en la Tabla VII.2.

Como vimos en el apartado VI.2.7, los costes directos que la explotación tuvo en la campaña 2001/02 ascendieron a 1.333,15 €/ha (Tabla VI.7). Por tanto el ahorro, antes calculado, supone un 3,4% del total de costes directos. Si nos referimos a los costes de la campaña 2000/01 —resumidos en la Tabla VI.9—, el ahorro alcanza el 4,3% de los costes directos.

Recordemos que en la Tabla VI.14 podíamos ver el margen neto de la explotación estudiada, para las campañas 2000/01 y 2001/02. El efecto que el ahorro de agroquímicos tiene en el margen neto de esas campañas puede verse en las Tablas XI.9 y XI.10.

Tabla XI.9 MARGEN NETO DE LA EXPLOTACIÓN CON AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Campaña	2000/01	2001/02
Ingresos totales (€/ha)	2.475,76	3.875,96
Gastos totales (€/ha)	1.019,08	1.370,21
Margen neto (€/ha)	1.366,68	2.505,75

Tabla XI.10 INCREMENTO DEL MARGEN NETO DE LA EXPLOTACIÓN CON AGRICULTURA DE PRECISIÓN (AP)

Campaña	2000/01	2001/02
Margen neto (€/ha) sin AP	1.320,74	2.459,81
Margen neto (€/ha) con AP	1.366,68	2.505,75
Incremento del margen neto (%)	3,48 %	1,87 %

En relación con las hipótesis planteadas para el desarrollo de esta investigación, se contrasta su aceptación a partir de los resultados obtenidos. De esta forma, la metodología de trabajo planteada puede ser aplicada para el cálculo de las ventajas económicas que puede tener para el olivicultor la aplicación de la Agricultura de Precisión.

CONCLUSIONES Y PRINCIPALES APORTACIONES

CONCLUSIONES

- 1.- Éste es el primer trabajo que estudia la aplicación de la Agricultura de Precisión en olivar y sus efectos económicos.
- 2.- Este trabajo se ha realizado en un sector de gran interés estratégico para Jaén, Andalucía y España, por su gran contribución en la generación de empleo y riqueza. Los resultados muestran que se puede producir un ahorro en la aplicación de agroquímicos, con el consiguiente beneficio económico para los oleicultores y una mejora medioambiental para el conjunto de la sociedad.
- 3.- La Agricultura de Precisión puede ser adoptada en explotaciones grandes de olivar y por las empresas de servicios y de consultoría agroambiental. La utilización de la Agricultura de Precisión en explotaciones olivareras de reducidas dimensiones, que son las más frecuentes en Andalucía, es posible a través de las entidades asociativas (cooperativas, ...), comunidades de regantes, etc. Los técnicos contratados por estas entidades podrían asesorar a los titulares de las explotaciones individuales.
- 4.- El Sistema de Información Geográfica ha demostrado ser una herramienta de gran utilidad en este estudio, permitiendo procesar gran cantidad de información y apoyar la toma de decisiones.
- 5.- La explotación escogida para el estudio es representativa del olivar jiennense y andaluz. El estudio de la finca seleccionada constituye un prototipo que se podría extender a otras explotaciones, para obtener la suficiente información ya que los resultados obtenidos pueden ser generalizables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

- ADE (2002). *Evaluación de los impactos de las principales medidas de la O.C.M. en el sector del aceite de oliva*. Disponible en:
http://europa.eu.int/comm/agriculture/eval/reports/oliveoil/sum_es.pdf (resumen en español).
http://europa.eu.int/comm/agriculture/eval/reports/oliveoil/full_fr.pdf (texto completo en francés).
- AGUILAR, M. A.; AGUILAR, F.J.; CARVAJAL, F. Y AGÜERA, F. (2002) *Evaluación de diferentes técnicas de interpolación espacial para la generación de modelos digitales del terreno agrícola*. Mapping nº 11, abril, 2.002.
- ÁLAMO ROMERO, S.; CAÑAS MADUEÑO, J.A.; FEITO HIGUERUELA, F.R. (2003a). *Hacia una agricultura de precisión para reducir costes en el olivar*. Foro del Olivar y del Medio ambiente. XI Simposium Científico-Técnico de Expoliva 2003. Jaén, 14-16 de mayo.
- ÁLAMO ROMERO, S.; CAÑAS MADUEÑO, J.A.; FEITO HIGUERUELA, F.R. (2003b). *Aplicación de un S.I.G. para emplear la agricultura de precisión en una explotación de olivar*. Comunicación aceptada por la IX Conferencia Iberoamericana de SIG, VII Congreso Nacional de la AESIG y II Reunión del GMCSIGT. Cáceres, 24-26 de septiembre de 2003.
- ALCALÁ JIMÉNEZ, A.R.; ÁLAMO ROMERO, S. (1998 a). *Using GPS for yield mapping in olive orchards*. First International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry. Lake Buena Vista, Florida, 1-3 June 1998.
- ALCALÁ JIMÉNEZ, A.R.; ÁLAMO ROMERO, S.; FEITO HIGUERUELA, F. (1998 b). *Obtención del mapa de cosecha de una explotación de olivar en la provincia de Jaén, mediante la utilización de la técnica G.P.S.* Primer Congreso Nacional de Información Geográfica. Valladolid, 6-8 de octubre de 1998.

- ALARCÓN VERGARA, A.(2000). *Análisis de la evolución del desarrollo económico de la zona regable del Canal del Cacín (Granada)*. Trabajo profesional fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba.

- ALONSO SARRÍA, F. (2000). *Introducción a los Sistemas de Información Geográfica*. Disponible en: <http://www.um.es/~geograf/sig/SIGgf2000/temario.pdf>

- ALONSO SEBASTIÁN, R.Y SERRANO BERMEJO, A. (2000). *Economía de la Empresa Agroalimentaria*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

- AL-SUHAIBANI, S.A.; BABEIR, A.S.; KILGOUR, J. AND BLACKMORE, B.S. (1992) *Field Tests of the KSU date palm machine*” J. agric. Engng Res. 51, pp. 179-190.

- ALVARADO, M; CIVANTOS, M; DURÁN, J.M. (1997) *Plagas*. Capítulo nº 15 del libro “El cultivo del olivo”. Coedición de la Consejería de agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía y Mundi-Prensa.

- ATENCIANO, S.; LÓPEZ GRANADOS, F.; GONZÁLEZ ANDÚJAR, J.L.; JURADO EXPÓSITO, M.; ÁLAMO, S. y GARCÍA TORRES, L. (2000). *Agricultura de precisión en olivar y aplicaciones agronómicas de la teledetección en Andalucía*. 1ª Jornada sobre Manejo de Malas hierbas en Agricultura de Precisión, Madrid 2000.

- AUERNHAMMER, H.; DEMMEL, M.; MUHR, T.; ROTTMEIER, J. WILD, K. (1994). *GPS for yield mapping on combines*. Computers and Electronics in Agriculture 11 (1994) 53-68.

- BALLESTERO, E. (1991). *Economía de la empresa agraria y alimentaria*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

-
- BALSARI, P. TAMAGNONE, M. (1997). *An automatic spray control for airblast sprayers: first results*. 1st European Conference on Precision Agriculture, Warwick, September 1997 (619-626). BIOS Scientific Publishers Ltd.

 - BARRANCO, D.; FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R.; RALLO, L. (1997). *El cultivo del olivo*. Coedición de la Consejería de agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía y Mundi-Prensa.

 - BATTE, M.V. & ARNHOLT, M.W. (2003). *Precision farming adoption and use in Ohio: case studies of six leading-edge adopters*. *Computers and Electronics in Agriculture* 38 (2003) 125-139.

 - BERBEL VECINO, J.; CONEJO MUÑOZ, R.; BELMONTE MARTÍNEZ, M.V.; ARRIAZA BALMÓN, M. (2002). *Introducción a la Economía de la Empresa Agraria*. Disponible en:
<http://www.lcc.uma.es/tea/inicio.html>

 - BLACKMORE, S. (2000). *The interpretation of trends from multiple yield maps*. *Computers and Electronics in Agriculture* 26 (2000) 37-51.

 - BLACKMORE, S. (2002). *Developing the principles of Precision Farming*. Disponible en
[http://www.agriculturadeprecision.org/cursos/IIITallerInternacional/Blackmore%20\(CPF-KVL-DK\)%20Procisur%2017-19%20Dic%202002.pdf](http://www.agriculturadeprecision.org/cursos/IIITallerInternacional/Blackmore%20(CPF-KVL-DK)%20Procisur%2017-19%20Dic%202002.pdf)

 - BLACKMORE, S. (2003). *The role of yield maps in Precision Farming*. Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. Cranfield University. February 2003. Disponible en:
http://www.cpf.kvl.dk/Papers/SIB_PhD.pdf

 - BONGIOVANNI, R. (2002). *A spatial econometrics approach to the economics of site-specific nitrogen management in corn production*. Thesis submitted to the

faculty of Purdue University in Partial Fulfillment of the Requirements of the Degree of Doctor of Philosophy. December 2002. Disponible en

<http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/analecon.htm>

- BRAGACHINI, M. (2001). *Primeros Ensayos Exploratorios de Manejo Sitio Específico de Cultivos en Argentina*. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación. Argentina. Disponible en:
<http://www.agriculturadeprecision.org/enscamp/PrimerosEnsayosExploratorios.htm>
- C.A.P. (1997). *Manual de Introducción a la Tecnología GPS*. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, Dirección General de Información y Gestión de Ayudas.
- C.A.P. (2000). *Plan de Modernización de la Agricultura Andaluza 2000-2006*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- C.A.P. (2001). *Memoria Resumen 2001*. Delegación Provincial de Jaén de la Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- C.A.P. (2003). *El Olivar Andaluz*. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Servicio de Publicaciones y Divulgación.
- C.M.A. (2003). *Ortofoto digital de Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Disponible en:
<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/VisorRaster/ortoandalucia.html>
- C.O.A.G. (2001). *Revista Agrícola y Ganadera*. Coordinadora de Agricultores y Ganaderos.
- C.O.I. (1990). *El olivo, el aceite, la aceituna*. Consejo Oleícola Internacional. Actualizado en 1998 en <http://www.internationaloliveoil.org/home.asp>

-
- C.O.I. (2002). Consejo Oleícola Internacional. Diciembre 2002.

 - COMISIÓN EUROPEA. (2002). *El Sector del Aceite de Oliva en la Unión Europea*. Dirección General de Agricultura. Junio 2002.
http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/fact/oliveoil/2003_es.pdf

 - COOK, S.E. & BRAMLEY, R.G.V. (2001). *Is agronomy being left behind by precision agriculture?* Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference, Hobart, 2001.

 - C.O.P.T. (2002). *Mapa Topográfico de Andalucía 1:10.000. Hoja 96821*. Instituto de Cartografía de Andalucía. Consejería de Obras Públicas y Transportes. Junta de Andalucía. 10 de diciembre de 2002. Disponible en:
<http://www.juntadeandalucia.es/obraspublicasytransportes/cimfa/ica.htm>

 - COX, S. (2002). *Information technology: the global key to precision agriculture and sustainability*. Computers and Electronics in Agriculture 36 (2002) 93-111.

 - DAMPNEY, P.M.R. and GOODLASS, G. (1997). *Quantifying the variability of soil and plant nitrogen dynamics within arable fields growing combinable crops*. Precision Agriculture 1997, First European Conference on Precision Agriculture, 8-10 September, 1997, Warwick University, UK 219-226. BIOS Scientific Publishers Ltd.

 - DANA, P.H. (1994) *The Geographer's Craft Project*, Department of Geography, The University of Colorado at Boulder. Disponible en:
http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html

 - DABERKOW, S.G. & McBRIDE, W.D. (1998) *Adoption rate of site-specific crop management technologies among US corn growers*. Disponible en:
<http://www.eonline.com/modernagsite/archives/Daberkow.html>

 - DEL POZO DOMÍNGUEZ, J.A. (1998). Disponible en:

<http://www.tel.uva.es/~jpozdom/telecomunicaciones/tutorial/contenido.html>

- DELCOURT, H. AND DE BAERDEMAEKER, J. (1997). *Soil nutrient mapping implications using GPS*. Computers and Electronics in Agriculture 11 (1994) 37-51.
- DOCE. (2002). *Reglamento (CE) nº 876/2002 del Consejo por el que se crea la Empresa Común GALILEO (JU)*. DOCE L 138. 28/05/2002
Más información en
 - http://europa.eu.int/eur-lex/es/com/cnc/2000/com2000_0750es01.pdf.
 - http://www.europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/index_en.htm.
- EMMOTT, A.J., J. HALL & R.B. MATTHEWS (1997). *The potential for precision farming in plantation agriculture*. Precision Agriculture'97. Vol. I. Spatial Variability in Soil and Crop. First European Conference on Precision Agriculture, 8-10 September, 1997, Warwick University, UK. pp. 289-296.
- ENRÍQUEZ TURÍÑO, C. (2003). *Comunicación personal*.
- ESS, D.R. (2002) *Precision and Profits*. © American Society of Agricultural Engineers. Disponible en:
<http://www.asae.org/imis/StaticContent/3/feb02/precision.html>
- FAIRCHILD, D.S. (1988). *Soil information System for farming by kind of soil*. Proceedings, International Interactive Workshop on Soil Resources: Their Inventory, Analysis and Interpretations for Use in the 1990's, pp 159-164 University of Minnesota, St Paul, MN, USA.
- FAO (1999). *Sistemas de Información Geográfica para un Desarrollo Sostenible*. Servicio del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (SDRN) Dirección de Investigación, Extensión y Capacitación de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Junio de 1999. Disponible en: <http://www.fao.org/sd/spdirect/gis/EIgis000.htm>

-
- FEKETE, A.; FÖLDESI, I.; KOVÁCS, L.; SERES, L. (1996). *Application-rate control for precision farming*. AgEng Madrid 96. Paper 96G-060.
 - FELICÍSIMO, A.M. (1994). *Modelos Digitales del Terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales*. Pentalfa Ediciones. Oviedo 1994, 222 páginas. Disponible en: <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/pdf/libromdt.pdf>
 - FERNÁNDEZ ESCOBAR, R. (1997) *Fertilización*. Capítulo nº 9 del libro “El cultivo del olivo”. Coedición de la Consejería de agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía y Mundi-Prensa.
 - FERNÁNDEZ ESCOBAR, R.; GARCÍA NOVELO, J.M.; SÁNCHEZ ZAMORA, M.A.; UCEDA, M.; BELTRÁN G.; AGUILERA, M.P. (2002). *Efecto del abonado nitrogenado en la producción y la calidad del aceite de oliva*. Editado por la Dirección General de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de la Junta de Andalucía. Jornadas de Investigación y Transferencia de Tecnología al Sector Oleícola, Córdoba (España), pp 299-302.
 - FERNÁNDEZ UNZUETA, A.; ILLERA, P.; CASANOVA, J.L.; DELGADO, J.A. (1998). *A system for operational fire monitoring in Spain using remote sensing and meteorological data*. First International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry. Lake Buena Vista, Florida, 1-3 June 1998.
 - FERREIRA JUNIOR, O. (2001). *GPS Trackmaker for Windows. Version 11.2*. © 1998-2001. Belo Horizonte –MG- Brazil.
 - FRANCIS, D.D.; SCHEPERS, J.S. (1997). *Selective soil sampling for site-specific nutrient management*. Precision Agriculture 1997, First European Conference on Precision Agriculture, 8-10 September, 1997, Warwick University, UK 119-126. BIOS Scientific Publishers Ltd.
 - FUNDACIÓN DEL OLIVAR (2003). *Sistema de Información de Información de Precios en Origen del Aceite de Oliva*. Disponible en:

<http://81.19.98.17/poolred/> y <http://www.oliva.net>

- GALLEGO ALVAREZ, F.J., GUZMÁN VICO, A. (2001). *SIDOSMA: S.I.G. para la gestión de la información relativa al olivar y el aceite de oliva en la denominación de origen "Sierra Mágina"*. Comunicación presentada en el X Simposium Científico-Técnico Expoliva 2001.
- GEHUE, H.L. (1994) *GPS Integrated Systems for Precision Farming*. A Thesis submitted to the Faculty of Graduate Studies in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science. University of Calgary, Alberta. Canada. Disponible en <http://www.geomatics.ucalgary.ca/Papers/Thesis/MEC/94.20072.HGehue.pdf>
- GODDARD, T. (1997). *What is Precision Farming*. Proceedings of Precision Farming Conference, January 20-21. Taber, Alberta, Canada.
- GOENSE, D. (1996). *The precision of site specific fertilizer application*. AgEng Madrid 1996. Paper 96A-027.
- GOLDEN SOFTWARE INC. (1999). *Surfer 7.0*. 809, 14th Street. Golden. Colorado 80401-1866. U.S.A.
- GOOVAERTS, P.(1997). *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. New York. Oxford University Press. 483 pp.
- GRANDE COVIÁN, F. (1992). *El aceite de oliva y la salud humana*. Actas de las jornadas celebradas en el Ateneo Científico, Literario y Artístico de Madrid. Incluido en el libro *Aceite de oliva* (páginas 121-133), de Mira Editores, S.A.
- GUERRERO GARCÍA, A. (1988). *Nueva Olivicultura*. Mundi-Prensa. Madrid.
- HELLEBRAND, H.J. and BEUCHE, H. (1996). *Positioning by low data rate DGPS*. AgEng Madrid 96. Paper 96G-011.

-
- HERGERT, G.W. and FERGUSON, R.B. (1997) *The impact of variable rate N application on N use efficiency of furrow irrigated maize*. Precision Agriculture 1997, First European Conference on Precision Agriculture, 8-10 September, 1997, Warwick University, UK 297-305. BIOS Scientific Publishers Ltd.
 - HERMOSO FERNÁNDEZ, M.; UCEDA OJEDA, M.; GARCÍA-ORTIZ RODRÍGUEZ, A.; MORALES BERNARDINO, J.; FRÍAS RUIZ, L.; FERNÁNDEZ GARCÍA, A. (1991). *Elaboración de Aceite de Oliva de Calidad*. Dirección General de Investigación, Tecnología y Formación Agroalimentaria y Pesquera. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Apuntes 5/91.
 - HUICOCHEA ALSINA, E. (1994). *Contabilidad de Costos*. Ed. Trillas. México.
 - HUMANES GUILLÉN, J. Y CIVANTOS LÓPEZ-VILLALTA, M. (1992). *Producción de aceite de oliva de calidad. Influencia del cultivo*. Apuntes para cursos 21/92 Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
 - IAPAR (1998). Zonificación Agro-ecológica y Económica de la cuenca hidrográfica del Ribeirão Do Meio II, en el Distrito Municipal de Carlópolis, Estado De Paraná. Informe Final Para El Proyecto Regional GCP/RLA126JPN “Información sobre Tierras Agrícolas y Agua para un Desarrollo Agrícola Sostenible”. Instituto Agronómico de Paraná, Brasil 1997/98. Disponible en:
<http://www.rlc.fao.org/proyecto/gcp/rla/126/jpn/documents/Anteriores/IAPAR1.pdf>
 - I.E.A. (2001). *Anuario Estadística de Andalucía 2001*. Instituto de Estadística de Andalucía.
 - I.E.A. (2003). Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía. Instituto de Estadística de Andalucía. Disponible en:
<http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadistica/sima/catalogo/2000c33.htm>

-
- ILLERA, P.; DELGADO, J.A.; FERNÁNDEZ MANSO, A.; FERNÁNDEZ UNZUETA, A. (1998). *Integration of remoting sensing and meteorological data for vegetation monitoring in Spain*. First International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry. Lake Buena Vista, Florida, 1-3 June 1998.
 - I.N.E. (1997). *Encuesta sobre la estructura de las explotaciones agrícolas año 1997*.
 - I.N.E. (1999). *Censo Agrario 1999*.
 - ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R.M., (1989). *An introduction to applied geostatistics*. New York. Oxford University Press. 561 pp.
 - JAHNS, G. (1996). *A contribution to Assess Requirements and Benefits of Precision Farming*. AgEng Madrid 96. Paper 96G-031.
 - JIN, J and JIANG, C. (2002). *Spatial variability of soil nutrients and site-specific management in the P.R. China*. Computers and Electronics in Agriculture 36 (2002) 165-172.
 - JÜRSCHIK, P.; SCHMERLER, J.; EHLERT, D. (1996). *Site specific farming at a 7000 Ha farm in East Germany*. AgEng Madrid 1996. Paper 96G-020.
 - KRÜGER, G.; SPRINGER, R.; LECHNER, W. (1994). *Global Navigation Satellite Systems (GNSS)*. Computers and Electronics in Agriculture 11 (1994) 3-21.
 - LAMBERT, D.M.; LOWENBERG-DEBOER, J. (2000). *Precision Agriculture Profitability Review*. Site-specific Management Center. School of Agriculture. Purdue University. 15 Sept., 2000. 154 pp. URL:
<http://mollisol.agry.purdue.edu/SSMC/Frames/newsoilsX.pdf>
 - LAMBERT, D.M.; LOWENBERG-DEBOER, J.; BONGIOVANNI, R. (2002). *Statistical Methods for Precision Agricultural Data: Case Study of Variable Rate*

-
- Nitrogen on Corn in Argentina*. Paper submitted to the Journal of Manufacturing & Service Operation Management (M&SON). Disponible en <http://www.mgmt.purdue.edu/centers/msom/>
- LARSEN, W.E.; NIELSEN, G. A. ; TYLER, D.A. (1994). *Precision navigation with GPS*. Computers and Electronics in Agriculture 11 (1994) 85-95.
 - LEIVA, F.R.; MORRIS, J.; BLACKMORE, S.B. (1997). *Precision Farming Techniques for Sustainable Agriculture*. Precision Agriculture 1997, First European Conference on Precision Agriculture, 8-10 September, 1997, Warwick University, UK 297-305. BIOS Scientific Publishers Ltd.
 - LINSLEY, C.M.; BAUER, F.C. (1929). *Illinois Agricultural Experiment Station*. Circular 346.
 - LÓPEZ GRANADOS, F.; JURADO EXPÓSITO, M.; ATENCIANO, S.; ÁLAMO ROMERO, S.; GARCÍA TORRES, L. (2003). *Leaf nutrient variability and site-specific fertilization maps within an olive (Olea europaea L.)*. Remitido al European Journal of Agronomy en diciembre 2002. Actualmente está en fase de “aceptación después de revisión”.
 - LORING MIRÓ, J. (1989). *Estudios de costes agrarios de la Provincia de Sevilla* 1989. Diputación de Sevilla. Sevilla.
 - LOWENBERG-DEBOER, J. (1996). *Economics of Precision Farming: Payoff in the Future*. URL: <http://pasture.ecn.purdue.edu/~mmorgan/PFI/pfiecon.html>
 - LOWENBERG-DEBOER, J. (2001). *Agricultura de Precisión en EE.UU. y Potencial de Adopción en los Países en Desarrollo*. Universidad de Purdue.
 - LÜTTICKEN, R.; KOCH, W.; BILL, R. (1997). *The potential of yield maps and soil survey data in low cost site specific farming strategies*. Precision Agriculture 1997,

First European Conference on Precision Agriculture, 8-10 September, 1997, Warwick University, UK, 803-810. BIOS Scientific Publishers Ltd.

- MALLO RODRÍGUEZ, C. (1989). *Contabilidad de Costes y de Gestión*. 2ª Edición. Ediciones Pirámide S.A. Madrid.
- MARÍN, L. y FERNÁNDEZ ESCOBAR, R. (1997). *Optimization of nitrogen fertilization in olive orchards*. Proceedings of the Third International Symposium of Mineral Nutrition of Deciduous Fruit Trees. Zaragoza, Spain, pp 411-414.
- M.A.P.A. (1977). *Mapa de Cultivos y Aprovechamientos. E 1:50.000, hoja 968, Alcaudete (Jaén)*. Subdirección General de la Producción Vegetal. Dirección General de la Producción Agraria. Ministerio de Agricultura. Madrid, 1977.
- M.A.P.A. (2000). *Anuario de Estadística Agroalimentaria 2000*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en:
<http://www.mapya.es/portada/pags/estadi.asp?fr=5>
- M.A.P.A.(2001a). *Hechos y Cifras del Sector Agroalimentario Español 2001*. Secretaría General Técnica, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- M.A.P.A.(2001b). *S.I.G. Oleícola Español*. Comité Oleícola Permanente. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- M.A.P.A. (2002a). *Producciones y existencias de aceite de oliva, campañas 1997/98 a 2001/02*. Agencia para el Aceite de Oliva. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en:
http://oracle2.mapya.es/documentos_aoliva/NORMAS-PRODUCCIONES.pdf
- M.A.P.A. (2002b). *Precios percibidos por los Agricultores, Comunidades autónomas y Provincia (pesetas) en el año 2001*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Junio 2002.

-
- M.A.P.A. (2003a). *Información General*. Agencia para el Aceite de Oliva. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en:
<http://oracle2.mapya.es/pls/aaoliva/inicio>
 - M.A.P.A. (2003b). *Precios percibidos por los Agricultores, Comunidades autónomas y Provincia (euros) en el año 2002*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Mayo 2003.
 - MAPINFO CORPORATION. *MapInfo Professional 6.5*.
 - MATTHEWS, K.B.; SIBBALD, A.R.; CRAW, S. (1999) *Implementation of a spatial decision support system for rural land use planning: integrating GIS and environmental models with search and optimisation algorithms*. Computers and Electronics in Agriculture 23 (1999) 9-26.
 - MAZZETTO, F. (1996). *Developing and testing a farm field-activity data recording system*. AgEng Madrid 96. Paper 96G-006.
 - MINISTERIO DE FOMENTO (2002). *Mapa Oficial de Carreteras*. Edición 37 CD Rom interactivo.
 - MISSOTEN, B.; STRUBBE, G.; DE BAERDEMAEKER, J. (1996). *Accuracies of grain and straw yield maps*. AgEng Madrid 96. Paper 96G-009.
 - MULLA, D.J.; BHATTI, A.U. (1997). *An evaluation of indicator properties affecting spatial patterns in N and P requirements for winter wheat yield*. Precision Agriculture 1997. First European Conference on Precision Agriculture, 8-10 September, 1997, Warwick University, UK, 145-162. BIOS Scientific Publishers Ltd.
 - NAVARRO CERRILLO, R.M.; FERNÁNDEZ REBOLLO, P.; ESCUIN ROYO, S. (2000). *Evaluación de los daños producidos por los incendios forestales*. Revista Medio Ambiente, 35. Disponible en:

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/revistama/revista_ma35/ma35_5.html

- NIX, J. (1999). *Farm Management Pocketbook*. Wye College. University of London. 30th Edition. Wye.
- NORDMEYER, H.; HÄUSLER, A.; NIEMANN, P. (1997). *Patchy weed control as an approach in precision farming*. Precision Agriculture 1997. First European Conference on Precision Agriculture, 8-10 September, 1997, Warwick University, UK, 307-314. BIOS Scientific Publishers Ltd.
- NUTTER JR., F.W.; RUBSAM, R.R.; TAYLOR, S.E.; HARRI, J.A.; ESKER, P.D. (2002). *Use of geospatially-referenced disease and weather to improve site-specific forecasts for Stewart's disease of corn in the US corn belt*. Computers and Electronics in Agriculture 37, December 2002, 7-14.
- OLIVER, M.A.; FROGBROOK, Z.; WEBSTER, R.; DAWSON, C.J. (1997). *A rational strategy for determining the number of cores for bulked sampling of soil*. Precision Agriculture 1997. First European Conference on Precision Agriculture, 8-10 September, 1997, Warwick University, UK, 155-162. BIOS Scientific Publishers Ltd.
- PAICE, M.E.R.; DAY, W. (1997). *Using computer simulation to compare patch spraying strategies*. Precision Agriculture 1997. First European Conference on Precision Agriculture, 8-10 September, 1997, Warwick University, UK, 421-428. BIOS Scientific Publishers Ltd.
- PERSSON, A. (1998). *Potato yield mapping with an optical sensor*. Presented at the First International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry, Lake Buena Vista, Florida, 1-3 June 1998.
- PRETEL GARÓFANO, M. M. (2001). *Diseño de una metodología para la caracterización de costes de cultivo de olivar en Andalucía*. Trabajo Profesional Fin

-
- de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba. Córdoba.
- RALLO, L. (1995). *Diseño y manejo de plantaciones de olivar*. Simposium Científico-Técnico Expoliva 1995.
 - RALLO, L. (1997). *Fructificación y Producción*. Capítulo nº 5 del libro “El cultivo del olivo”. Coedición de la Consejería de agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía y Mundi-Prensa.
 - RIZZO ESCALANTE, D. y otros (2002). *La P.A.C. en Andalucía durante el período 1996-2000*. Consejería Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
 - ROBERT, C. (1999) *Precision agriculture: an information revolution in agriculture*. Agricultural Outlook Forum 1999. Disponible en <http://www.usda.gov/agency/oce/waob/outlook99/speeches/105/robert.txt>
 - ROBERTS, T.L. (2000) *Manejo sitio específico de Nutrientes, Avances en Aplicaciones con Dosis Variable*. Disponible en: <http://www.agriculturadeprecision.org/mansit/ManejoNutrientesSitioEspecifico.htm>
 - ROCAFORT NICOLAU, A. (1989). *Contabilidad de Costes*. Ed. Hispano-Europea. Barcelona.
 - SANAEI, A.; YULE, I.J. (1996). *Accuracy of yield mapping systems: the effects of combine harvester performance*. AgEng Madrid 96. Paper 96G-016.
 - SÁNCHEZ JIMÉNEZ, S. (1999). *El Control de Costes en el Cultivo del Olivar*. Tesis Doctoral. Departamento de Administración de Empresas, Contabilidad y Sociología. Universidad de Jaén. Jaén.
 - SASSENATH-COLE, G.F.; HOOD, K.B.; ALARCON, V.J.; OLSON, R.; TARPLEY, L.; VARCO, J.; SEAL, M. (1998). *Remote sensing of crop*

- physiological function: applications for development of variable rate inputs.* Presented at the First International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry, Lake Buena Vista, Florida, 1-3 June 1998.
- SCHEPERS, J.S.; SCHLEMMER, M.R. (1998). *Influence of grid sampling points on fertilizer recommendations.* Presented at the First International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry, Lake Buena Vista, Florida, 1-3 June 1998.
 - SCHUELLER, J.K.; WANG, M.W. (1994). *Spatially-variable fertilizer and pesticide application with GPS and DGPS.* Computers and Electronics in Agriculture 11 (1994) 69-83.
 - SCHUELLER, J.K.; WHITNEY, J.D.; WHEATON, T.A.; MILLER, W.M.; TURNER, A.E. (1999). *Low-cost automatic yield mapping in hand-harvested citrus.* Computers and Electronics in Agriculture 23 (1999) 145-153.
 - SHAMSI, M. (1999). *Design and Development of a Date Palm Harvesting Machine.* Ph.D.Thesis. Cranfield University.
 - SHIBUSAWA, S. (1998). *Precision Farming and Terra-mechanics.* Fifth ISTVS Asia-Pacific Regional Conference in Korea, October 20-22.
 - SHIBUSAWA, S. (2000). *Precision farming approaches to small-farm agriculture.* Agro-Chemicals Report Vol. II, No. 4, October – December 2002.
 - SØRENSEN, C.G.; FOUNTAS, S.; PEDERSEN, H.H.; BLACKMORE, S. (2002). *Information sources and decision making on Precision Farming.* 6th International Conference on Precision Agriculture and Other Precision Resources Management. July 14-17, 2002, Minneapolis, Minnesota, USA. Disponible en:
<http://www.cs.auc.dk/~api/Referencer/mat/abstract0902.doc>

-
- STAFFORD, J.V. & AMBLER, B. (1994). *In-field location using GPS for spatially variable field operations*. Computers and Electronics in Agriculture 11 (1994) 23-36.

 - STAFFORD, J.V., (2000). *Implementing precision agriculture in the 21st century*. Journal of Agricultural Engineering Research 76, 267/ 275.

 - STOORVOGEL, J.J., ORLICH, R.A., (2000). *An integrated system for precision agriculture in bananas*. Proceedings of Fifth International Conference on Precision Agriculture (CD), July 16 / 19, 2000. Bloomington, MN, USA.

 - SUDDUTH, K.A.; FRAISE, C.W.; DRUMMOND, S.T.; KITCHEN, N.R. (1998). *Integrating spatial data collection, modeling and analysis for precision agriculture*. Presented at the First International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry, Lake Buena Vista, Florida, 1-3 June 1998.

 - SWINDELL, J.E.G. (1997). *Mapping the spatial variability in the yield potential of arable land through GIS analysis of sequential yield maps*. Precision Agriculture 1997. First European Conference on Precision Agriculture, 8-10 September, 1997, Warwick University, UK, 421-428. BIOS Scientific Publishers Ltd.

 - SWINTON, S. & LOWENBERG-DEBOER, J. (2001) *Global adoption of Precision Agriculture Technologies: Who, When and Why*. Disponible en:
http://www.msu.edu/user/swintons/D7_8_SwintonECPA01.pdf

 - TIAN, I. (2002). *Development of a sensor-based precision herbicide application system*. Computers and Electronics in Agriculture, vol 36, November 2002, pages 133-149.

 - TORRES RUIZ, F. J.; PARRAS ROSA, M.; FUENTES MORENO, F. (1995). *La distribución comercial de los aceites de oliva vírgenes. Análisis de flujos comerciales de los aceites producidos por el sector cooperativo en la provincia de Jaén*. Comunicación Simposium Científico-Técnico de Expoliva 1995.

- TORRES RUIZ, F. J.; SENISE BARRIO, O.; MOZAS MORAL, A.; PARRAS ROSA, M. (2000). *La competitividad de las cooperativas oleícolas: limitaciones estructurales internas y estrategias de cooperación*. Actas del congreso CIRIEC 2000, 13 y 14 de junio del 2000, Montreal, Quebec, Canadá. Agosto 2000.
- UCEDA OJEDA, M.; LOVERA PRIETO, C.; ALBA MENDOZA, J. (2001). *Influencia de los procesos de elaboración en la calidad del aceite de oliva. Situación actual y perspectivas*. (2001). Ponencia presentada en el X Simposium Científico-Técnico de Expoliva 2001. Jaén, 24 al 26 de mayo de 2001.
- WHITLEY, K.M.; DAVENPORT, J.R.; MANLEY, S.R. (2000). *Difference in nitrate leaching under variable and conventional nitrogen fertilizer management in irrigated potato systems*. Proceedings of Fifth International Conference on Precision Agriculture (CD), July 16-19, 2000. Bloomington, MN, USA.
- WHITNEY, J.D.; WHEATON, T.A.; MILLER, W.M.; SALYANI, M.; SCHUELLER, J.K. (1998). *Precision Agriculture Applications in Florida Citrus*. Proceeding of First International Conference of Geospatial Information in Agriculture and Forestry (II,595-603).
- ZHANG, N.; WANG, M.; WANG, N. (2002). *Precision agriculture – a world wide overview*. Computers and Electronics in Agriculture 36 (2002) 113-132.

ANEXOS

ANEXO 1
DATOS METEOROLÓGICOS

Año 1996

Marzo

FECHA	T_MAX	T_MED	T_MIN	H_R_MAX	H_R_MED	H_R_MIN	LLUVIA
01/03/96	15,40	7,67	-0,68	99,20	74,24	38,51	0,00
02/03/96	14,35	6,43	-0,61	99,30	75,15	37,64	0,20
03/03/96	15,46	8,00	-0,83	99,10	70,35	33,86	0,00
04/03/96	16,19	7,25	-0,92	96,20	69,99	36,21	0,00
05/03/96	15,47	7,81	-0,81	99,20	70,12	35,55	0,00
06/03/96	17,98	10,34	2,27	96,60	62,73	39,90	0,40
07/03/96	12,22	9,08	6,92	99,40	82,12	60,42	0,80
08/03/96	15,27	9,93	6,50	99,90	91,39	58,68	6,63
09/03/96	12,53	9,05	7,44	99,90	95,12	73,60	10,45
10/03/96	17,43	10,28	1,97	99,60	79,33	49,70	0,20
11/03/96	16,98	9,21	1,63	99,50	76,95	36,75	0,00
12/03/96	15,38	7,51	-0,89	99,30	73,59	37,92	0,20
13/03/96	11,37	7,81	4,32	98,30	83,84	73,60	5,23
14/03/96	7,32	5,54	2,98	99,00	88,84	75,60	7,64
15/03/96	10,24	5,26	-0,82	99,30	87,59	60,60	3,82
16/03/96	12,00	6,10	-0,15	99,30	81,18	45,36	1,01
17/03/96	14,91	6,08	-0,93	99,30	73,14	32,52	0,20
18/03/96	17,05	8,58	-0,95	99,20	74,08	36,08	0,00
19/03/96	15,06	8,90	2,99	99,40	85,01	44,37	1,61
20/03/96	18,04	12,71	8,76	99,60	80,22	53,90	0,60
21/03/96	21,59	11,41	2,94	99,80	78,70	39,45	0,20
22/03/96	23,58	13,10	4,13	99,60	73,69	35,40	0,00
23/03/96	27,35	14,92	4,11	99,70	68,44	27,57	0,20
24/03/96	24,64	15,90	7,29	99,40	66,38	32,70	0,00
25/03/96	21,74	14,28	8,80	99,50	84,06	46,21	1,41
26/03/96	18,09	14,22	10,44	99,60	72,00	44,44	0,00
27/03/96	18,23	13,37	9,50	97,90	75,36	48,97	0,00
28/03/96	21,37	12,19	3,55	99,30	73,50	39,40	0,00
29/03/96	27,21	15,20	4,44	99,30	65,97	24,01	0,20
30/03/96	18,34	14,58	11,48	89,10	69,12	48,66	1,01
31/03/96	18,17	13,20	5,92	99,60	76,67	51,21	0,00

Total

42,01

Año 1996

Mayo

FECHA	T_MAX	T_MED	T_MIN	H_R_MAX	H_R_MED	H_R_MIN	LLUVIA
01/05/96	14,33	11,81	10,11	99,50	84,58	71,30	3,02
02/05/96	13,95	12,32	10,11	98,00	82,06	68,43	1,81
03/05/96	14,54	12,03	10,28	99,70	96,52	83,00	68,34
04/05/96	19,61	14,79	11,77	99,60	83,82	58,08	2,41
05/05/96	21,38	15,13	8,68	99,70	75,22	49,25	0,00
06/05/96	18,13	14,38	9,52	95,50	76,93	60,23	19,90
07/05/96	16,64	11,28	6,70	99,50	90,24	62,08	8,44
08/05/96	19,16	13,92	7,85	99,50	77,05	55,20	0,00
09/05/96	19,33	13,63	10,44	97,90	82,29	54,53	1,01
10/05/96	16,41	12,56	10,27	98,90	82,49	56,35	1,01
11/05/96	12,66	10,63	8,43	87,10	74,37	56,45	2,01
12/05/96	17,58	10,62	3,08	98,50	72,64	43,71	0,00
13/05/96	21,90	13,27	3,83	99,40	69,36	35,83	0,20
14/05/96	18,14	13,85	9,54	96,20	73,95	39,52	0,00
15/05/96	22,66	14,53	5,67	99,50	70,29	38,10	0,00
16/05/96	21,62	14,95	8,15	99,60	77,65	47,50	0,00
17/05/96	22,76	15,07	7,85	99,50	73,02	38,47	0,20
18/05/96	19,48	15,42	11,37	95,60	72,08	48,93	1,61
19/05/96	15,96	12,61	9,65	99,50	69,92	38,05	1,41
20/05/96	18,38	13,24	7,66	96,60	66,39	41,93	0,00
21/05/96	23,42	13,96	3,57	98,00	62,01	29,03	0,00
22/05/96	26,27	16,79	6,02	95,30	57,13	28,07	0,00
23/05/96	28,78	18,38	6,85	95,00	55,37	24,18	0,00
24/05/96	29,58	18,91	7,02	92,90	53,30	20,83	0,00
25/05/96	30,14	19,75	7,89	86,50	48,57	20,44	0,00
26/05/96	31,13	20,81	9,40	80,90	48,27	19,23	0,00
27/05/96	33,82	23,22	11,50	80,60	47,77	19,73	0,00
28/05/96	34,89	24,54	12,63	84,70	47,20	17,91	0,00
29/05/96	33,91	24,08	12,37	78,50	44,47	20,01	0,00
30/05/96	33,22	23,52	12,82	81,60	47,02	18,33	0,00
31/05/96	33,07	22,99	10,38	75,10	39,63	17,11	0,00

Total

111,36

Año 1996**Agosto**

FECHA	T_MAX	T_MED	T_MIN	H_R_MAX	H_R_MED	H_R_MIN	LLUVIA
01/08/96	34,75	24,40	14,12	66,65	37,60	13,12	0,00
02/08/96	34,81	23,99	12,07	58,63	37,82	18,10	0,00
03/08/96	34,97	25,86	14,69	66,77	39,93	19,49	0,00
04/08/96	33,86	24,07	12,69	69,97	41,96	18,26	0,00
05/08/96	32,64	23,12	11,60	61,27	37,91	19,54	0,00
06/08/96	32,60	22,96	12,91	64,62	43,71	24,19	0,00
07/08/96	29,34	22,17	13,01	79,80	54,46	31,38	0,00
08/08/96	32,65	22,85	12,43	82,80	50,52	22,26	0,00
09/08/96	36,14	24,89	12,36	63,80	36,67	16,76	0,00
10/08/96	34,88	24,86	13,69	61,88	34,98	11,88	0,00
11/08/96	34,36	23,72	12,45	60,01	36,30	15,33	0,00
12/08/96	35,20	23,42	11,54	59,57	32,88	9,35	0,00
13/08/96	33,76	23,37	9,74	57,82	36,16	17,55	0,00
14/08/96	32,61	24,19	13,89	74,60	51,35	29,78	0,00
15/08/96	25,13	21,10	17,67	100,00	79,07	58,58	36,78
16/08/96	28,53	21,66	16,75	100,00	80,61	43,57	0,00
17/08/96	31,59	23,63	16,69	99,90	72,33	39,70	0,20
18/08/96	27,41	21,03	15,38	99,90	71,90	42,64	0,00
19/08/96	28,47	19,91	12,35	99,60	69,91	31,48	0,20
20/08/96	28,40	20,33	13,32	99,60	67,32	29,00	0,00
21/08/96	27,35	19,25	11,21	96,40	59,74	23,87	0,00
22/08/96	30,20	19,81	10,35	95,90	59,37	20,83	0,00
23/08/96	30,20	21,77	11,91	84,70	55,87	33,95	0,00
24/08/96	27,85	19,75	11,51	95,50	57,73	25,05	0,00
25/08/96	31,91	21,07	10,38	85,50	50,22	20,64	0,00
26/08/96	32,60	22,48	13,03	88,80	53,65	22,52	0,00
27/08/96	32,47	22,93	13,08	79,40	48,27	21,13	0,00
28/08/96	30,57	21,24	11,30	75,40	48,74	23,66	0,00
29/08/96	28,87	19,76	10,83	86,40	57,51	26,97	0,00
30/08/96	29,39	20,87	11,05	86,60	55,80	29,78	0,00
31/08/96	29,38	22,68	14,13	86,40	50,31	28,86	0,00

Total

37,19

Año 1996**Octubre**

FECHA	T_MAX	T_MED	T_MIN	H_R_MAX	H_R_MED	H_R_MIN	LLUVIA
01/10/96	21,84	15,94	9,55	99,60	71,83	37,53	0,00
02/10/96	22,89	13,35	5,24	99,40	63,64	21,80	0,00
03/10/96	23,19	13,11	4,75	97,30	61,36	25,14	0,00
04/10/96	24,39	13,64	4,41	95,10	63,91	29,61	0,00
05/10/96	25,03	15,95	6,00	98,00	58,67	28,53	0,00
06/10/96	18,87	13,69	5,09	74,00	41,19	26,15	0,00
07/10/96	17,35	8,29	0,43	93,70	63,57	32,38	0,00
08/10/96	20,40	10,18	1,33	95,50	63,51	30,39	0,00
09/10/96	22,40	12,15	3,23	93,20	62,33	30,75	0,00
10/10/96	23,72	12,35	3,68	95,90	63,27	26,83	0,00
11/10/96	23,47	12,38	3,35	92,40	62,14	28,08	0,00
12/10/96	22,46	12,89	4,50	94,10	66,87	35,58	0,00
13/10/96	17,73	12,71	6,38	98,40	76,61	50,79	7,04
14/10/96	15,95	13,15	10,93	99,80	88,50	70,60	11,86
15/10/96	16,96	11,92	6,97	99,60	83,07	59,03	0,20
16/10/96	14,79	10,89	5,93	99,80	92,50	75,60	0,40
17/10/96	17,35	14,37	12,02	100,00	93,80	77,00	1,81
18/10/96	19,45	16,52	13,48	100,00	93,93	79,10	0,40
19/10/96	22,22	15,15	9,71	100,00	91,42	63,40	0,20
20/10/96	25,28	15,98	8,77	100,00	84,27	45,55	0,20
21/10/96	26,85	16,18	8,87	100,00	79,75	33,01	0,20
22/10/96	27,38	15,79	7,19	100,00	78,89	32,54	0,20
23/10/96	28,38	16,61	8,45	99,80	76,51	35,11	0,20
24/10/96	26,44	16,33	8,38	99,50	76,38	36,50	0,00
25/10/96	25,38	15,50	10,06	99,90	79,47	35,77	0,00
26/10/96	25,41	14,91	7,26	99,70	77,61	36,39	0,20
27/10/96	26,43	14,99	7,54	99,90	76,86	32,52	0,00
28/10/96	23,61	13,34	5,53	99,70	79,35	38,56	0,20
29/10/96	22,07	13,24	5,82	99,80	80,22	41,06	0,00
30/10/96	22,01	13,55	7,24	99,90	82,59	45,29	0,20
31/10/96	21,84	12,66	6,78	99,90	80,02	37,78	0,00

Total

23,32

Año 1998

Enero

FECHA	T_MAX	T_MED	T_MIN	H_R_MAX	H_R_MED	H_R_MIN	LLUVIA
01/01/98	9,84	5,10	0,77	99,90	91,96	65,46	0,20
02/01/98	10,64	6,00	0,17	99,90	98,42	84,50	1,80
03/01/98	14,61	11,36	9,65	99,90	99,90	99,90	2,40
04/01/98	13,82	11,48	9,71	99,90	98,71	84,20	0,00
05/01/98	14,42	10,04	5,40	99,90	99,39	93,00	0,60
06/01/98	13,68	7,65	3,02	99,90	94,24	61,20	0,20
07/01/98	13,11	5,21	-0,83	99,90	91,18	60,51	0,20
08/01/98	15,32	5,49	-1,23	99,90	90,01	54,52	0,20
09/01/98	16,01	6,39	-0,03	99,90	87,95	52,07	0,00
10/01/98	17,08	8,06	2,49	99,90	88,66	54,65	0,20
11/01/98	15,89	7,98	2,03	99,90	89,62	50,16	0,00
12/01/98	18,47	10,85	4,14	99,90	75,43	38,47	0,80
13/01/98	13,23	8,72	2,95	99,90	95,89	63,67	15,20
14/01/98	10,97	3,96	-1,03	99,90	91,73	64,36	0,20
15/01/98	12,63	3,82	-1,76	99,90	88,03	49,63	0,20
16/01/98	12,98	3,97	-1,96	99,90	91,71	61,18	0,20
17/01/98	15,41	4,83	-1,49	99,90	84,55	39,60	0,20
18/01/98	13,16	5,09	-1,43	99,90	89,56	61,99	0,20
19/01/98	14,22	9,99	6,66	99,90	90,89	64,63	0,00
20/01/98	14,74	8,97	4,54	99,90	94,26	74,80	0,00
21/01/98	16,93	6,71	-0,36	99,90	69,25	10,41	0,20
22/01/98	15,08	4,13	-2,95	99,90	81,42	38,46	0,00
23/01/98	10,72	3,84	-2,43	99,90	95,42	74,80	0,20
24/01/98	10,32	5,56	1,23	99,90	95,81	72,20	2,00
25/01/98	12,69	4,21	-0,69	99,90	86,25	47,15	0,20
26/01/98	11,08	3,89	-1,49	99,90	91,47	58,68	0,20
27/01/98	13,42	6,92	3,28	99,90	85,94	41,26	0,00
28/01/98	15,08	7,42	2,55	99,90	89,00	55,23	0,00
29/01/98	11,43	6,93	0,83	99,90	93,39	68,40	8,20
30/01/98	10,66	3,89	-1,89	99,90	97,36	77,30	1,60
31/01/98	13,10	8,67	4,21	99,90	95,34	69,25	8,80

Total

44,20

Año 1998

Mayo

FECHA	T_MAX	T_MED	T_MIN	H_R_MAX	H_R_MED	H_R_MIN	LLUVIA
01/05/98	17,40	10,26	6,73	99,90	80,63	45,09	0,00
02/05/98	18,79	10,20	1,96	99,90	75,64	38,17	0,00
03/05/98	19,72	11,02	3,02	99,90	77,42	36,39	5,00
04/05/98	17,20	10,62	8,06	99,90	91,85	59,19	13,80
05/05/98	18,26	11,74	6,46	99,90	75,03	34,75	0,00
06/05/98	23,95	13,54	2,96	99,90	69,27	32,20	0,00
07/05/98	28,46	16,92	5,74	99,90	62,77	20,21	0,20
08/05/98	27,72	17,14	6,67	99,90	66,57	31,88	0,00
09/05/98	28,72	19,91	13,62	99,90	71,15	34,09	0,00
10/05/98	23,90	18,64	13,62	99,90	75,85	43,41	3,20
11/05/98	19,46	14,34	10,31	99,90	85,30	55,11	20,80
12/05/98	20,32	13,27	5,68	99,90	83,13	47,43	9,20
13/05/98	18,00	11,96	8,26	99,90	95,52	73,80	14,00
14/05/98	17,53	12,76	9,46	99,90	94,95	74,10	7,40
15/05/98	23,16	15,48	10,24	99,90	89,67	53,86	0,00
16/05/98	26,67	18,37	9,86	99,90	76,51	41,48	0,00
17/05/98	28,52	19,95	11,51	99,90	73,27	34,84	0,00
18/05/98	29,91	20,58	11,71	99,90	68,70	34,45	0,20
19/05/98	26,54	18,12	11,11	99,90	75,40	39,05	0,20
20/05/98	21,97	15,63	11,31	99,90	95,16	61,50	4,40
21/05/98	25,87	15,92	9,13	99,90	82,67	39,76	13,20
22/05/98	23,90	16,38	9,86	99,90	88,69	60,82	1,40
23/05/98	23,43	15,47	10,45	99,90	91,18	57,26	6,00
24/05/98	20,39	15,16	10,45	99,90	90,91	72,50	1,20
25/05/98	21,24	15,79	10,32	99,90	80,64	58,36	0,00
26/05/98	22,30	16,05	9,66	99,90	79,75	49,22	0,00
27/05/98	20,84	14,66	11,71	99,90	92,18	61,71	6,60
28/05/98	19,33	14,46	11,71	99,90	81,09	44,88	1,20
29/05/98	19,19	15,16	12,30	99,90	87,88	60,12	4,00
30/05/98	19,32	14,68	9,65	99,90	81,98	53,77	7,00
31/05/98	23,69	15,54	8,19	99,90	76,20	44,75	0,00

Total

119,00

Año 1999**Octubre**

FECHA	T_MAX	T_MED	T_MIN	H_R_MAX	H_R_MED	H_R_MIN	LLUVIA
01/10/99	27,84	17,78	9,32	99,90	76,50	34,45	0,00
02/10/99	28,31	17,63	8,53	99,90	69,40	31,02	0,00
03/10/99	26,91	16,91	8,26	99,90	69,82	28,97	0,00
04/10/99	26,52	16,44	7,93	99,90	74,17	35,93	0,00
05/10/99	25,91	16,93	8,26	99,90	74,09	40,62	0,00
06/10/99	25,00	17,43	11,24	99,90	77,44	43,65	0,00
07/10/99	24,63	16,99	10,57	99,90	80,87	44,23	0,00
08/10/99	24,29	16,92	9,38	99,90	73,76	42,62	0,00
09/10/99	26,32	16,94	9,25	99,90	73,41	37,02	0,00
10/10/99	25,47	16,58	8,53	99,90	76,76	41,42	0,00
11/10/99	24,68	17,78	12,70	99,90	82,49	50,95	0,00
12/10/99	23,43	17,62	14,94	99,90	95,05	68,23	0,00
13/10/99	22,81	17,11	12,96	99,90	91,74	65,49	0,00
14/10/99	23,41	16,00	11,51	99,90	93,47	62,55	15,40
15/10/99	22,42	17,33	13,49	99,90	95,64	79,60	14,80
16/10/99	22,97	16,55	11,04	99,90	89,70	63,17	0,20
17/10/99	19,71	14,90	12,62	99,90	82,85	45,25	2,00
18/10/99	18,26	13,93	9,78	99,90	89,40	66,24	1,60
19/10/99	19,05	13,53	9,12	99,90	89,78	61,20	0,80
20/10/99	15,82	12,49	10,44	99,90	96,20	75,60	50,00
21/10/99	19,13	13,58	8,26	99,90	95,95	84,40	0,00
22/10/99	18,86	16,25	12,49	99,90	89,59	77,70	11,80
23/10/99	20,12	16,04	13,56	99,90	88,44	70,90	1,00
24/10/99	17,73	15,00	12,36	99,90	93,17	74,60	38,60
25/10/99	18,99	13,27	8,79	99,90	86,55	54,98	1,20
26/10/99	15,60	11,62	7,60	99,90	99,01	92,00	1,40
27/10/99	24,67	16,17	9,92	99,90	92,53	68,36	0,00
28/10/99	23,16	16,79	11,37	99,90	92,27	64,25	0,20
29/10/99	24,47	17,73	14,07	99,90	89,62	63,15	0,00
30/10/99	20,31	15,12	11,71	99,90	92,42	67,46	0,00
31/10/99	22,55	13,82	7,79	99,90	88,54	54,24	0,00

Total

139,00

Año 2000

Enero

FECHA	T_MAX	T_MED	T_MIN	H_R_MAX	H_R_MED	H_R_MIN	LLUVIA
01/01/00	13,11	3,19	-2,69	99,90	90,41	55,69	0,00
02/01/00	13,56	3,20	-2,62	99,90	91,46	60,49	0,20
03/01/00	12,10	2,67	-3,29	99,90	91,78	63,37	0,20
04/01/00	12,70	2,69	-3,29	99,90	92,33	61,24	0,20
05/01/00	13,36	2,52	-3,35	99,90	90,81	53,36	0,20
06/01/00	14,09	2,95	-3,89	99,90	88,00	45,98	0,20
07/01/00	15,16	2,12	-4,95	99,90	85,87	37,60	0,20
08/01/00	13,89	1,96	-5,55	99,90	83,03	34,03	0,00
09/01/00	11,44	2,60	-4,28	99,90	91,40	58,52	0,20
10/01/00	11,78	6,18	0,43	99,90	89,50	58,89	0,00
11/01/00	12,96	4,26	-2,62	99,90	85,25	54,54	0,20
12/01/00	12,63	2,64	-3,62	99,90	88,40	51,59	0,00
13/01/00	12,05	2,86	-4,15	99,90	90,17	60,11	0,20
14/01/00	7,67	4,31	-0,96	99,90	96,37	81,80	6,40
15/01/00	11,18	3,23	-1,62	99,90	92,51	62,57	0,20
16/01/00	12,18	2,16	-4,42	99,90	92,24	59,96	0,20
17/01/00	14,08	4,53	-1,36	99,90	88,34	55,81	0,00
18/01/00	14,09	3,05	-3,69	99,90	86,40	35,18	0,20
19/01/00	12,76	2,12	-4,55	99,90	87,22	48,08	0,00
20/01/00	13,23	2,55	-4,08	99,90	87,19	49,50	0,20
21/01/00	13,69	2,80	-4,42	99,90	86,95	49,38	0,20
22/01/00	13,29	2,28	-4,48	99,90	87,15	47,34	0,20
23/01/00	11,77	1,49	-5,28	99,90	83,62	35,44	0,00
24/01/00	10,32	0,01	-7,01	99,90	81,95	36,19	0,20
25/01/00	10,45	-0,31	-7,20	99,90	86,55	45,68	0,00
26/01/00	13,58	4,21	-2,62	99,90	93,54	60,38	0,40
27/01/00	14,09	4,36	-2,09	99,90	89,08	51,81	0,00
28/01/00	15,09	4,20	-3,35	99,90	87,94	48,06	0,20
29/01/00	15,94	5,64	-0,70	99,90	83,87	38,46	0,00
30/01/00	18,93	5,11	-3,62	99,90	79,52	22,24	0,20
31/01/00	20,62	7,38	-3,15	99,90	77,09	22,88	0,00

Total

10,40

Año 2001

Enero

FECHA	T_MAX	T_MED	T_MIN	H_R_MAX	H_R_MED	H_R_MIN	LLUVIA
01/01/01	15,76	7,76	0,44	99,90	90,67	48,96	7,00
02/01/01	14,43	9,82	3,29	99,90	94,57	71,60	3,20
03/01/01	14,16	7,80	1,97	99,90	91,37	60,43	1,80
04/01/01	14,96	10,79	7,27	99,90	99,89	99,80	1,20
05/01/01	18,53	13,21	8,60	99,90	96,98	81,50	1,00
06/01/01	14,31	9,52	5,48	99,90	93,54	54,84	20,20
07/01/01	8,60	4,71	-0,42	99,90	97,27	80,40	0,00
08/01/01	11,71	2,86	-3,08	99,90	92,66	63,49	0,40
09/01/01	14,07	3,92	-3,61	99,90	93,04	38,78	3,40
10/01/01	15,84	11,36	7,87	99,90	91,63	76,90	4,40
11/01/01	14,39	9,08	3,62	99,90	92,39	52,49	19,80
12/01/01	10,85	7,59	5,67	99,90	99,47	94,50	16,00
13/01/01	13,10	8,09	5,02	99,90	97,14	80,40	0,00
14/01/01	9,59	5,42	1,30	99,90	99,80	98,10	0,00
15/01/01	8,39	5,26	1,50	99,90	99,68	97,80	0,00
16/01/01	11,38	5,52	0,77	99,90	96,80	75,00	3,20
17/01/01	11,78	7,08	1,70	99,90	96,68	81,60	0,00
18/01/01	10,39	6,42	1,30	99,90	99,90	99,90	28,00
19/01/01	11,45	7,25	4,68	99,90	95,79	78,50	0,20
20/01/01	13,23	6,30	0,24	99,90	93,70	68,50	0,00
21/01/01	15,49	4,79	-2,02	99,90	89,32	45,29	0,20
22/01/01	14,89	5,97	-1,42	99,90	95,98	76,40	0,20
23/01/01	14,89	11,21	6,60	99,90	99,85	98,80	3,00
24/01/01	15,49	12,90	10,18	99,90	99,29	91,10	14,60
25/01/01	11,78	8,71	4,36	99,90	95,66	74,80	12,20
26/01/01	11,52	7,74	3,09	99,90	98,41	85,60	8,80
27/01/01	13,84	11,91	10,26	99,90	99,90	99,90	8,00
28/01/01	11,71	9,43	7,00	99,90	87,88	62,24	1,60
29/01/01	12,58	5,94	-0,09	99,90	82,93	42,26	0,00
30/01/01	13,17	3,26	-2,88	99,90	83,71	35,07	0,20
31/01/01	14,49	4,87	-2,02	99,90	89,06	56,38	0,20

Total

158,80

Año 2001

Marzo

FECHA	T_MAX	T_MED	T_MIN	H_R_MAX	H_R_MED	H_R_MIN	LLUVIA
01/03/01	12,11	8,33	3,22	99,90	99,90	99,90	27,60
02/03/01	17,15	13,05	10,83	99,90	94,86	83,70	11,60
03/03/01	13,84	11,27	8,86	99,90	99,83	98,60	46,80
04/03/01	18,33	13,94	9,53	99,90	83,27	55,65	0,20
05/03/01	19,46	14,43	10,72	99,90	94,99	79,10	6,20
06/03/01	27,30	16,86	9,73	99,90	77,16	31,58	0,00
07/03/01	15,63	12,31	8,99	99,90	99,90	99,90	29,20
08/03/01	14,18	10,80	8,40	99,90	97,74	84,90	4,00
09/03/01	17,29	12,88	10,39	99,90	99,60	95,10	7,00
10/03/01	17,87	14,31	10,85	99,90	99,85	98,90	1,60
11/03/01	24,56	13,97	6,67	99,90	89,11	45,24	0,00
12/03/01	17,21	11,55	6,41	99,90	99,53	92,10	0,20
13/03/01	17,60	9,34	1,77	99,90	83,15	44,74	0,20
14/03/01	20,65	9,76	0,77	99,90	78,29	32,02	0,20
15/03/01	21,84	11,22	2,17	99,90	81,50	38,01	0,20
16/03/01	15,50	9,95	5,09	99,90	95,91	68,75	3,20
17/03/01	16,34	11,22	8,07	99,90	92,58	65,21	0,20
18/03/01	16,93	10,37	4,16	99,90	90,47	65,73	0,00
19/03/01	20,98	12,91	7,00	99,90	87,32	47,78	0,00
20/03/01	22,18	12,23	3,62	99,90	84,71	49,31	0,20
21/03/01	21,72	12,23	5,02	99,90	82,15	35,76	0,20
22/03/01	27,27	14,16	3,50	99,90	80,85	35,75	0,00
23/03/01	31,30	18,13	6,22	99,90	59,99	13,09	0,20
24/03/01	19,35	14,51	9,79	99,90	78,85	36,40	0,00
25/03/01	16,22	10,86	6,01	99,90	96,45	74,20	6,60
26/03/01	16,30	9,31	4,36	99,90	95,97	71,80	15,60
27/03/01	16,27	10,63	5,09	99,90	89,97	56,34	0,00
28/03/01	17,60	9,86	3,76	99,90	87,53	53,67	0,20
29/03/01	16,29	10,65	4,95	99,90	95,88	80,50	0,00
30/03/01	15,56	10,27	5,49	99,90	95,86	85,60	0,00
31/03/01	23,03	15,29	6,14	99,90	83,16	48,75	0,00

Total

161,40

Año 2002

Marzo

FECHA	T_MAX	T_MED	T_MIN	H_R_MAX	H_R_MED	H_R_MIN	LLUVIA
01/03/02	12,19	9,59	6,22	99,90	96,32	75,40	3,60
02/03/02	14,56	8,06	1,31	99,90	83,43	42,42	0,40
03/03/02	11,33	6,05	1,44	99,90	98,50	82,00	17,60
04/03/02	12,35	7,71	2,57	99,90	95,37	71,90	19,40
05/03/02	12,78	7,44	4,22	99,90	96,81	80,40	20,60
06/03/02	11,85	7,67	2,90	99,90	87,62	58,43	0,00
07/03/02	13,38	8,08	2,50	99,90	89,40	65,77	0,00
08/03/02	16,94	7,94	-0,35	99,90	83,93	44,63	0,00
09/03/02	18,06	8,92	1,64	99,90	88,19	54,89	0,20
10/03/02	19,13	10,35	2,97	99,90	92,17	65,78	0,00
11/03/02	20,79	11,15	3,70	99,90	80,90	31,25	0,20
12/03/02	24,90	16,92	9,67	84,60	44,17	19,67	0,00
13/03/02	15,51	9,65	6,41	99,90	85,41	37,31	13,60
14/03/02	13,12	8,71	6,07	99,90	97,11	85,70	33,60
15/03/02	17,15	10,11	2,76	99,90	94,51	71,30	1,20
16/03/02	12,59	9,12	6,02	99,90	98,89	91,50	8,60
17/03/02	13,44	8,09	1,97	99,90	93,48	62,06	1,00
18/03/02	15,96	11,40	7,74	99,90	99,90	99,80	4,00
19/03/02	19,92	13,09	8,14	99,90	92,75	66,56	0,00
20/03/02	26,36	13,70	3,76	99,90	81,01	31,65	0,20
21/03/02	26,94	14,97	5,69	99,90	80,19	31,35	0,20
22/03/02	28,66	16,21	5,62	99,90	73,39	20,86	0,20
23/03/02	28,47	15,89	5,42	99,90	71,01	20,05	0,00
24/03/02	27,01	15,51	5,69	99,90	73,53	25,05	0,00
25/03/02	24,17	14,64	6,35	99,90	84,34	50,63	0,00
26/03/02	22,78	14,30	7,27	99,90	85,23	53,29	0,20
27/03/02	17,77	4,07	-7,82	99,90	57,91	19,55	0,00
28/03/02	-4,71	-9,58	-9,80	54,34	40,89	21,07	0,40
29/03/02	-1,32	-5,03	-9,16	67,23	52,62	33,47	0,00
30/03/02	0,95	-1,93	-8,02	87,70	51,16	17,89	0,00
31/03/02	-0,20	-3,22	-8,50	56,84	31,26	19,59	0,00

Total

125,20

ANEXO 2
DATOS DE COSECHA

ANEXO 2 DATOS DE COSECHA

2.1 CAMPAÑA 1997/98

Nº Punto	EJE X	EJE Y	Nº Palas	Fecha	Aceituna (Kg)	Aceite (Kg)
REF	407079,8	4168029	0		0	0
1	407111,0	4168148	2	23/12/97	663	132
2	407091,3	4168169	2	23/12/97	663	132
3	407091,4	4168191	3	22/12/97	994	198
4	407066,6	4168147	4	27/12/97	1325	264
5	407066,0	4168241	3	27/12/97	994	198
6	407105,9	4168239	3	23/12/97	994	198
7	407062,9	4168207	3	27/12/97	994	198
8	407146,9	4168114	2	23/12/97	663	132
9	407162,7	4168158	2	24/12/97	663	132
10	407138,8	4168216	3	23/12/97	994	198
11	407131,4	4168231	3	24/12/97	994	198
12	407046,5	4168464	2	20/12/97	663	132
13	407072,4	4168407	1	20/12/97	331	66
14	407093,5	4168361	1	20/12/97	331	66
15	407118,3	4168309	3	20/12/97	994	198
16	407154,5	4168234	1	24/12/97	331	66
17	407208,5	4168187	3	28/12/97	994	198
18	407198,0	4168206	2	28/12/97	663	132
19	407192,1	4168260	4	02/01/98	1325	264
20	407173,2	4168272	2	21/12/97	663	132
21	407150,1	4168317	1	20/12/97	331	66
22	407143,0	4168357	1	21/12/97	331	66
23	407113,9	4168493	2	21/12/97	663	132
24	407112,7	4168443	2	21/12/97	663	132
25	407161,5	4168465	2	21/12/97	663	132
26	407128,4	4167992	3	28/12/97	994	198
27	407162,5	4168004	2	28/12/97	663	132
28	407092,6	4167918	4	04/01/98	1325	264
29	407033,3	4168034	5	04/01/98	1657	330
30	407021,4	4168095	4	04/01/98	1325	264
31	407019,4	4168128	4	05/01/98	1325	264
32	407005,4	4168217	2	02/01/98	663	132
33	407009,5	4168251	4	02/01/98	1325	264
34	406966,6	4168264	7	07/01/98	2319	461
35	406977,9	4168247	5	07/01/98	1657	330
36	406992,5	4168142	6	06/01/98	1988	395
37	406954,6	4168151	6	08/01/98	1988	395
38	407011,1	4168043	4	06/01/98	1325	264
39	407024,6	4167973	4	06/01/98	1325	264
40	406991,2	4167969	3	09/01/98	994	198

41	406986,1	4168018	4	09/01/98	1325	264
42	406975,5	4168029	5	09/01/98	1657	330
43	406952,9	4168204	4	08/01/98	1325	264
44	406943,9	4168253	4	08/01/98	1325	264
45	406935,1	4168308	3	07/01/98	994	198
46	406878,4	4168321	6	11/01/98	1988	395
47	406914,3	4168243	8	11/01/98	2651	527
48	406946,7	4168096	4	10/01/98	1325	264
49	406932,6	4168074	5	10/01/98	1657	330
50	406957,0	4168000	5	10/01/98	1657	330
51	406895,6	4168177	6	12/01/98	1988	395
52	406879,5	4168258	5	12/01/98	1657	330
53	406842,3	4168268	4	15/01/98	1325	264
54	406854,5	4168207	4	15/01/98	1325	264
55	406864,0	4168156	6	14/01/98	1988	395
56	406880,5	4168070	7	14/01/98	2319	461
57	406891,7	4168015	10	18/01/98	3313	659
58	406845,0	4168034	3	17/01/98	994	198
59	406844,3	4168095	4	16/01/98	1325	264
60	406822,8	4168156	4	16/01/98	1325	264
61	406821,9	4168223	6	16/01/98	1988	395
62	406793,4	4168356	7	15/01/98	2319	461
63	406740,8	4168392	5	20/01/98	1657	330
64	406754,8	4168347	5	20/01/98	1657	330
65	406789,7	4168266	4	20/01/98	1325	264
66	406791,6	4168193	6	19/01/98	1988	395
67	406800,0	4168086	6	17/01/98	1988	395
68	406818,3	4168023	5	17/01/98	1657	330
69	406776,0	4168037	5	22/01/98	1657	330
70	406789,0	4168137	6	19/01/98	1988	395
71	406742,5	4168154	5	22/01/98	1657	330
72	406744,9	4168252	3	21/01/98	994	198
73	406734,3	4168284	5	21/01/98	1657	330
74	406680,2	4168405	4	30/01/98	1325	264
75	406702,4	4168313	5	27/01/98	1657	330
76	406743,2	4168075	4	22/01/98	1325	264
77	406681,4	4168178	5	25/01/98	1657	330
78	406693,8	4168215	4	26/01/98	1325	264
79	406675,5	4168290	4	27/01/98	1325	264
80	406592,3	4168423	4	01/02/98	1325	264
81	406648,0	4168267	4	27/01/98	1325	264
82	406639,8	4168217	3	25/01/98	994	198
83	406679,7	4168075	4	23/01/98	1325	264
84	406650,9	4168145	5	24/01/98	1657	330
85	406581,6	4168363	4	30/01/98	1325	264
86	406641,8	4168432	5	01/02/98	1657	330
87	406610,1	4168445	6	01/02/98	1988	395
88	406586,3	4168321	4	30/01/98	1325	264
89	406605,4	4168270	5	26/01/98	1657	330

90	406578,4	4168249	5	26/01/98	1657	330
91	406585,2	4168180	5	25/01/98	1657	330
92	406589,0	4168146	4	24/01/98	1325	264
93	406586,7	4168125	4	24/01/98	1325	264
95	406658,3	4168087	5	23/01/98	1657	330
96	406622,1	4168106	4	23/01/98	1325	264
97	406707,1	4168366	5	21/01/98	1657	330
98	406898,0	4168112	4	12/01/98	1325	264
99	406921,0	4167985	4	18/01/98	1325	264

399

Palas

331,323

3

Kg aceituna
 por pala

132198

**Cosecha
 real
 aceituna**

Rendimien 19,89 %
 to

26294

**Cosecha
 real
 aceite**

2.2 CAMPAÑA 1998/99

Nº Punto	EJE X	EJE Y	Nº Palas	Fecha	Aceituna (Kg)	Aceite (Kg)
1	406573,3	4168288	4	2/12/98	1164	281
2	406584,0	4168365	3	2/12/98	873	210
3	406590,0	4168417	4	1/12/98	1164	281
4	406609,0	4168457	3	1/12/98	873	210
32	406629,4	4168431	2	22/12/98	582	140
36	406764,9	4168204	4	10/12/98	1164	281
37	406820,7	4168222	4	18/12/98	1164	281
38	406888,5	4168190	3	19/12/98	873	210
39	406903,0	4168220	5	19/12/98	1455	351
40	406838,1	4168291	5	17/12/98	1455	351
51	407070,1	4167947	7	29/12/98	2038	491
52	407001,4	4168088	5	9/1/99	1455	351
53	407021,1	4167965	4	2/1/99	1164	281
54	407021,3	4167944	6	2/1/99	1747	421
55	406995,9	4167991	5	7/1/99	1455	351
56	406986,8	4168046	2	8/1/99	582	140
57	406975,1	4168154	5	12/1/99	1455	351
58	406954,5	4168212	3	11/1/99	873	210
59	406962,7	4168280	5	11/1/99	1455	351
60	407031,5	4168128	3	12/1/99	873	210
61	407034,5	4168164	3	13/1/99	873	210
62	406996,4	4168185	6	13/1/99	1747	421
63	406928,8	4168287	2	11/1/99	582	140
64	406940,2	4168220	5	10/1/99	1455	351
65	406963,5	4168101	3	9/1/99	873	210
67	406933,7	4168060	5	8/1/99	1455	351
68	406948,9	4168031	3	7/1/99	873	210
69	406937,9	4167976	6	4/1/99	1747	421
70	406899,9	4168129	3	24/12/98	873	210
71	406883,9	4167985	3	4/1/99	873	210
72	406872,0	4168014	3	5/1/99	873	210
73	406855,0	4168142	3	24/12/98	873	210
74	406828,7	4168197	4	23/12/98	1164	281
75	406837,0	4168103	5	26/12/98	1455	351
76	406847,2	4168055	4	28/12/98	1164	281
77	406801,0	4168117	2	26/12/98	582	140
78	406804,1	4168160	3	23/12/98	873	210
79	406774,8	4168329	5	18/12/98	1455	351
80	406773,1	4168259	4	12/12/98	1164	281
81	406808,9	4168021	4	5/1/99	1164	281
82	406796,0	4168077	4	28/12/98	1164	281
83	406733,6	4168275	3	12/12/98	873	210
84	406717,1	4168353	3	16/12/98	873	210
85	406718,5	4168311	3	15/12/98	873	210

86	406738,5	4168238	2	11/12/98	582	140
87	406736,8	4168155	3	9/12/98	873	210
88	406655,0	4168375	2	21/12/98	582	140
89	406651,7	4168330	4	15/12/98	1164	281
90	406669,9	4168266	2	14/12/98	582	140
91	406729,7	4168091	2	8/12/98	582	140
92	406688,6	4168141	3	9/12/98	873	210
93	406696,0	4168182	2	10/12/98	582	140
94	406655,8	4168252	4	14/12/98	1164	281
95	406687,9	4168073	4	8/12/98	1164	281
96	406606,3	4168331	4	21/12/98	1164	281
99	406636,0	4168194	4	5/12/98	1164	281
100	406646,5	4168122	2	7/12/98	582	140
102	406583,0	4168242	4	4/12/98	1164	281
103	406583,6	4168220	2	4/12/98	582	140
104	406572,0	4168156	3	5/12/98	873	210
105	406573,9	4168132	4	7/12/98	1164	281
110	406764,3	4168365	4	16/12/98	1164	281
201	407120,5	4167972	7	14/1/99	2038	491
202	407118,1	4167932	4	14/1/99	1164	281
203	407136,0	4167998	6	20/1/99	1747	421
204	407196,3	4167928	7	15/1/99	2038	491
205	407183,1	4168018	8	21/1/99	2329	561
206	407190,4	4167988	7	20/1/99	2038	491
207	407265,0	4167922	5	15/1/99	1455	351
208	407242,7	4168010	6	21/1/99	1747	421
209	407292,0	4167965	4	19/1/99	1164	281
210	407310,9	4167933	7	16/1/99	2038	491
211	407297,8	4168003	5	24/1/99	1455	351
212	407383,2	4167912	4	16/1/99	1164	281
213	407348,7	4167962	7	19/1/99	2038	491
214	407331,7	4168003	5	24/1/99	1455	351
215	407318,7	4168040	6	26/1/99	1747	421
216	407231,2	4168051	8	26/1/99	2329	561
217	407155,3	4168072	6	25/1/99	1747	421
218	407091,4	4168069	8	25/1/99	2329	561
219	407170,6	4168108	6	27/1/99	1747	421
220	407108,9	4168111	8	27/1/99	2329	561
221	407063,4	4168160	6	28/1/99	1747	421
222	407054,5	4168244	7	28/1/99	2038	491
223	407108,3	4168239	7	29/1/99	2038	491
224	407074,9	4168271	5	29/1/99	1455	351
225	407085,6	4168314	6	3/2/99	1747	421
226	407039,0	4168341	8	30/1/99	2329	561
227	407126,0	4168361	7	3/2/99	2038	491
228	407120,4	4168399	5	2/2/99	1455	351
229	407082,7	4168404	6	2/2/99	1747	421
230	407022,4	4168396	7	30/1/99	2038	491
231	407030,6	4168422	8	31/1/99	2329	561

232	407125,9	4168427	5	1/2/99	1455	351
233	407143,8	4168492	7	1/2/99	2038	491
234	407031,2	4168492	6	31/1/99	1747	421
235	406890,0	4168287	3	17/12/98	873	210
236	406665,0	4168400	4	22/12/98	1164	281
237	406696,5	4168226	4	11/12/98	1164	281
238	407051,7	4168002	3	29/12/98	873	210
301	407162,4	4168291	6	4/2/99	1747	421
302	407129,4	4168287	7	4/2/99	2038	491
303	407173,7	4168243	7	5/2/99	2038	491
304	407189,8	4168197	7	6/2/99	2038	491
305	407119,0	4168190	5	5/2/99	1455	351
306	407238,0	4168180	5	6/2/99	1455	351
307	407145,9	4168164	5	7/2/99	1455	351
308	407223,1	4168149	7	7/2/99	2038	491
309	407216,0	4168105	7	8/2/99	2038	491
310	407271,4	4168095	8	8/2/99	2329	561
			518		150787	36332
			palas		kg reales	kg reales
			291,10	kg/pala	aceituna	aceite

2.3 CAMPAÑA 1999/00

Nº Punto	EJE X	EJE Y	Palas	Fecha	Aceituna enero 2000	Aceite
REF	407079,8	4168029				
Base = 1	407071,1	4168001				
2	407080,5	4167916	3	12	1014	285
3	407053,8	4167983	4	11	1352	380
4	406985,2	4168105	5	10	1690	475
5	406949,2	4168076	4	10	1352	380
6	406959,9	4168198	4	17	1352	380
7	406946,0	4168143	4	12	1352	380
8	406920,3	4168005	4	11	1352	380
9	406902,9	4168035	4	10	1352	380
10	406865,1	4168284	4	18	1352	380
11	406815,3	4168290	4	18	1352	380
12	406856,4	4168240	4	17	1352	380
13	406903,3	4168196	4	17	1352	380
14	406858,1	4168170	5	13	1690	475
15	406871,4	4168078	5	12	1690	475
16	406801,9	4168111	4	13	1352	380
17	406784,2	4168176	4	13	1352	380
18	406789,0	4168358	5	18	1690	475
19	406788,5	4168059	4	12	1352	380
20	406694,2	4168132	6	8	2028	570
21	406572,7	4168217	5	8	1690	475
22	406592,0	4168161	4	8	1352	380
26	407076,9	4168167	3	20	1014	285
27	407197,2	4167941	4	19	1352	380
28	407219,8	4167993	4	19	1352	380
29	407202,4	4168035	3	19	1014	285
30	407102,4	4168222	3	20	1014	285
31	407166,9	4168182	4	21	1352	380
32	407206,9	4168074	4	20	1352	380
33	407222,0	4168146	3	21	1014	285
34	407023,5	4168443	4	21	1352	380
35	406633,4	4168386	5	7	1690	475
36	406609,4	4168296	5	7	1690	475
37	406669,4	4168296	6	7	2028	570
38	406712,0	4168192	5	9	1690	475
39	406771,0	4168247	4	9	1352	380
40	406734,0	4168329	4	9	1352	380
			151		51046	14346
			palas		cosecha real aceituna	cosecha real aceite

28,10 Rendimiento graso (%)

2.4 CAMPAÑA 2000/01

Nº Punto	Eje X	Eje Y	Nº palas	Fecha	Aceituna (Kg)	Aceite (Kg)
Base	407074,3 1	4168015, 7				
1	406596	4168135	6	07-feb	2884	708
2	406587	4168359	6	06-feb	2884	708
3	406641	4168181	6	06-feb	2884	708
4	406646	4168132	3	06-feb	1442	354
5	406604	4168302	6	06-feb	2884	708
6	407074	4168133	6	09-feb	2884	708
7	407110	4168198	6	09-feb	2884	708
8	407087	4168266	6	09-feb	2884	708
9	407085	4168300	6	09-feb	2884	708
10	407079	4168338	3	09-feb	1442	354
11	407058	4168384	6	10-feb	2884	708
12	407090	4168487	6	10-feb	2884	708
13	407027	4168456	6	10-feb	2884	708
14	407122	4168429	5	10-feb	2403	590
15	406573	4168168	3	07-feb	1442	354
16	406643	4168431	6	11-feb	2884	708
17	406701	4168289	6	12-feb	2884	708
18	406703	4168232	6	12-feb	2884	708
19	406728	4168170	4	13-feb	1923	472
20	406703	4168326	6	12-feb	2884	708
21	406697	4168385	6	11-feb	2884	708
22	406805	4168035	7	13-feb	3365	826
23	406753	4168332	2	11-feb	961	236
24	406807	4168222	4	14-feb	1923	472
25	406862	4168101	7	13-feb	3365	826
26	406835	4168261	6	14-feb	2884	708
27	406957	4168281	8	14-feb	3845	944
28	407275	4167927	8	15-feb	3845	944
29	407114	4167965	4	15-feb	1923	472
30	407310	4167964	7	15-feb	3365	826
31	407234	4167994	9	16-feb	4326	1062
32	407285	4168035	5	16-feb	2403	590
33	407153	4168107	4	17-feb	1923	472
34	407184	4168224	9	17-feb	4326	1062
35	407063	4167935	7	21-feb	3365	826
36	407001	4168151	3	19-feb	1442	354
37	406997	4168196	6	19-feb	2884	708
38	406972	4168128	5	19-feb	2403	590
39	406991	4168083	3	19-feb	1442	354
40	406981	4167984	6	20-feb	2884	708
41	406942	4168079	5	20-feb	2403	590
42	406929	4168032	10	20-feb	4807	1180

43	407188	4168049	4	16-feb	1923	472
44	407232	4168164	4	17-feb	1923	472
			247		118721	29146
					Cosecha real aceituna	Cosecha real aceite

2.5 CAMPAÑA 2001/02

Nº Punto	EJE X	EJE Y	Nº palas	Fecha	Aceituna	Aceite
1	406582	4168191	4	19-ene	2216	599
2	406600	4168138	3	19-ene	1662	449
3	406573	4168274	5	16-ene	2770	749
4	406658	4168110	4	19-ene	2216	599
5	406622	4168220	5	19-ene	2770	749
6	406586	4168343	4	20-ene	2216	599
7	406710	4168079	3	20-ene	1662	449
8	406693	4168140	4	20-ene	2216	599
9	406674	4168202	4	20-ene	2216	599
10	406612	4168400	4	16-ene	2216	599
11	406601	4168443	4	16-ene	2216	599
12	406745	4168087	4	21-ene	2216	599
13	406826	4168038	5	21-ene	2770	749
14	406810	4168093	5	21-ene	2770	749
15	407103	4167981	4	23-ene	2216	599
16	407162	4167929	5	23-ene	2770	749
17	407130	4168031	5	25-ene	2770	749
18	407174	4167975	5	23-ene	2770	749
19	407123	4168068	5	25-ene	2770	749
20	407092	4168110	4	25-ene	2216	599
21	407108	4168152	3	25-ene	1662	449
22	407173	4168188	5	26-ene	2770	749
23	407064	4168216	5	26-ene	2770	749
24	407128	4168214	5	26-ene	2770	749
26	406869	4168102	5	30-ene	2770	749
27	406842	4168151	5	31-ene	2770	749
28	406844	4168255	6	01-feb	3325	898
29	406895	4168092	5	30-ene	2770	749
30	406892	4168221	6	31-ene	3325	898
31	406897	4168305	6	01-feb	3325	898

34	407069	4168488	5	29-ene	2770	749
35	407142	4168485	5	29-ene	2770	749
36	407132	4168413	4	28-ene	2216	599
37	407027	4168434	5	28-ene	2770	749
38	407124	4168337	6	28-ene	3325	898
39	407074	4168328	5	28-ene	2770	749
41	407375	4167930	6	09-feb	3325	898
42	407341	4167991	5	09-feb	2770	749
43	407281	4168088	7	09-feb	3879	1048
44	407208	4168115	7	08-feb	3879	1048
45	407079	4167894	5	07-feb	2770	749
46	407024	4168031	5	07-feb	2770	749
47	407025	4168134	5	05-feb	2770	749
48	406999	4168198	4	29-ene	2216	599
49	407008	4168091	4	05-feb	2216	599
50	407005	4167953	4	07-feb	2216	599
51	406965	4168086	5	05-feb	2770	749
52	406952	4168172	6	30-ene	3325	898
53	406922	4168050	6	07-feb	3325	898
54	406800	4168202	5	01-feb	2770	749
55	406770	4168225	4	04-feb	2216	599
56	406754	4168322	4	04-feb	2216	599
57	406710	4168347	6	02-feb	3325	898
58	406691	4168289	6	02-feb	3325	898
60	407210	4167951	3	23-ene	1662	449
61	407186	4168246	6	27-ene	3325	898
62	407127	4168288	5	27-ene	2770	749
63	407073	4168269	5	27-ene	2770	749
64	406943	4168284	5	31-ene	2770	749
65	406664	4168374	4	02-feb	2216	599
66	406791	4168293	5	04-feb	2770	749
67	406737	4168262	4	04-feb	2216	599
68	407188	4168057	5	08-feb	2770	749
69	407163	4168103	6	08-feb	3325	898
70	406888	4168006	6	06-feb	3325	898
71	406930	4167984	5	06-feb	2770	749
72	406984	4168011	4	07-feb	2216	599
			324		179527	48504
					kg aceituna	kg aceite real
					real	

ANEXO 3
DATOS DEL ANÁLISIS FOLIAR

ANEXO 3

DATOS DEL ANÁLISIS FOLIAR

Coordenadas de las muestras foliares.

Nº Punto	Este	Norte
p1	407052,651	4167938,711
p2	407036,070	4168038,890
p3	407021,264	4168136,599
p4	407002,389	4168236,388
p5	406909,661	4168283,482
p6	406927,946	4168183,571
p7	406945,300	4168085,226
p8	406962,318	4167985,659
p9	406867,340	4168022,925
p10	406849,970	4168123,236
p11	406832,374	4168221,263
p12	406817,381	4168320,360
p13	406723,210	4168382,645
p14	406748,290	4168308,458
p15	406770,839	4168231,890
p16	406792,238	4168144,099
p17	406809,102	4168045,526
p18	406716,382	4168068,783
p19	406692,326	4168144,794
p20	406669,344	4168219,603
p21	406646,219	4168295,410
p22	406621,876	4168371,734
p23	406607,184	4168418,407
p24	406642,875	4168107,533
p25	406618,483	4168183,421
p26	407345,141	4167940,605
p27	407306,849	4168027,512
p28	407271,633	4168115,281
p29	407232,856	4168204,480
p30	407157,869	4168323,378
p31	407116,420	4168410,721
p32	407083,077	4168485,291
p33	407021,096	4168472,250
p34	407059,474	4168384,861
p35	407099,577	4168299,219
p36	407143,067	4168207,766
p37	407180,121	4168116,203
p38	407214,873	4168028,850
p39	407251,200	4167940,533
p40	407157,126	4167954,028
p41	407124,311	4168033,121
p42	407087,943	4168120,980

Análisis Foliar. Julio 1.999

Nº Punto	% N	% P	% K	Ppm Fe	Ppm B
P1	1,58	0,07	0,61	78	18
P2	1,57	0,07	0,71	60	21
P3	1,71	0,08	0,91	78	25
P4	1,63	0,08	0,84	70	15
P5	1,59	0,08	0,77	78	19
P6	1,70	0,08	0,66	68	16
P7	1,68	0,08	0,83	63	24
P8	1,53	0,07	0,78	48	16
P9	1,70	0,08	0,75	65	18
P10	1,62	0,08	0,58	40	17
P11	1,56	0,07	0,81	28	18
P12	1,61	0,07	1,11	40	26
P13	1,49	0,07	1,02	43	16
P14	1,51	0,07	1,12	60	21
P15	1,46	0,06	1,12	48	19
P16	1,50	0,07	0,97	48	19
P17	1,60	0,07	0,78	45	24
P18	1,61	0,07	1,09	193	21
P19	1,70	0,08	1,02	65	25
P20	1,71	0,07	1,01	65	21
P21	1,64	0,08	1,02	68	22
P22	1,71	0,08	1,03	63	22
P23	1,62	0,07	1,01	83	24
P24	1,76	0,09	1,21	45	27
P25	1,73	0,08	1,15	75	25
P26	1,53	0,06	0,82	80	14
P27	1,48	0,07	0,88	63	20
P28	1,49	0,06	0,69	60	20
P29	1,60	0,07	0,78	73	20
P30	1,56	0,07	0,70	48	21
P31	1,54	0,06	0,92	68	19
P32	1,44	0,06	1,05	63	19
P33	1,55	0,07	0,89	48	19
P34	1,56	0,06	0,91	58	16
P35	1,62	0,07	0,81	50	15
P36	1,75	0,09	0,88	50	20
P37	1,64	0,08	0,88	30	21
P38	1,53	0,07	0,64	50	18
P39	1,52	0,07	0,78	60	17
P40	1,59	0,07	0,59	38	17
P41	1,49	0,07	0,57	95	16
P42	1,55	0,07	0,80	65	19

Análisis Foliare. Julio 2.000

Nº Punto	% N	% P	% K	Ppm Fe	Ppm B
P1	1,52	0,10	0,59	172	28
P2	1,62	0,11	0,77	103	30
P3	1,72	0,11	0,92	87	28
P4	1,74	0,10	0,79	169	25
P5	1,64	0,10	0,85	106	27
P6	1,65	0,10	0,71	95	23
P7	1,68	0,11	0,80	89	27
P8	1,56	0,10	0,79	86	27
P9	1,67	0,11	0,78	86	28
P10	1,58	0,10	0,62	97	24
P11	1,42	0,09	0,82	89	23
P12	1,48	0,09	0,92	80	25
P13	1,46	0,09	0,90	147	27
P14	1,38	0,09	0,90	89	26
P15	1,51	0,09	0,91	96	26
P16	1,53	0,08	0,86	107	22
P17	1,58	0,10	0,83	81	26
P18	1,59	0,09	0,98	75	26
P19	1,59	0,10	0,91	100	27
P20	1,66	0,10	0,89	72	28
P21	1,64	0,10	0,83	211	26
P22	1,67	0,10	0,92	87	32
P23	1,65	0,10	0,87	85	28
P24	1,71	0,11	1,01	106	22
P25	1,53	0,09	0,90	92	23
P26	1,44	0,08	0,83	103	20
P27	1,47	0,09	0,77	84	25
P28	1,26	0,07	0,62	100	18
P29	1,38	0,08	0,69	94	23
P30	1,60	0,09	0,74	92	22
P31	1,44	0,09	0,80	88	21
P32	1,42	0,09	0,90	139	22
P33	1,64	0,10	0,91	85	24
P34	1,48	0,09	0,94	100	24
P35	1,59	0,09	0,88	104	23
P36	1,64	0,10	0,84	72	22
P37	1,54	0,10	0,95	88	22
P38	1,60	0,10	0,65	87	21
P39	1,46	0,10	0,84	92	23
P40	1,55	0,10	0,60	115	20
P41	1,49	0,10	0,69	292	23
P42	1,57	0,10	0,84	179	23