

UNIVERSIDAD DE MURCIA

FACULTAD DE LETRAS

Sellado de Suelos en la Comarca del Mar Menor (Murcia). Consecuencias Medioambientales

D. Agustín Caballero Pedraza

2017

Dña. Asunción Romero Díaz, catedrática de universidad en Geografía Física y D. Alfredo Pérez Morales, doctor en Geografía, y ambos profesores del Departamento de Geografía de la Universidad de Murcia,

AUTORIZAN

La presentación de la Tesis Doctoral titulada **"Sellado de suelos en la comarca del Mar Menor (Murcia). Consecuencias medioambientales"**, realizada por D. Agustín Caballero Pedraza, bajo su codirección y supervisión, y que presentan para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

Fdo: Asunción Romero Díaz

Fdo: Alfredo Pérez Morales

Murcia, 24 de abril de 2017

«Promovamos la gestión sostenible de los suelos basada en una gobernanza adecuada y en inversiones racionales. Juntos podemos promover la causa de los suelos, que constituyen una verdadera base sólida para la vida»

Ban Ki-moon, Secretario General de las Naciones Unidas (2014).

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mi directora, Doña Asunción Romero Díaz, por la oportunidad que me dio para realizar esta tesis, así como por su confianza, consejos y paciencia, siendo esencial en su elaboración y finalización.

En segundo lugar a mi codirector Don Alfredo Pérez Morales, sus orientaciones académicas y esfuerzo.

En tercer lugar quisiera agradecer a Mercedes, su enorme paciencia y apoyo, sin cuyos ánimos, seguramente, habría desistido de esta agotadora aventura que es la realización de una tesis, quiero agradecerle el tiempo dedicado pacientemente, incluso hasta altas horas de la madrugada esperando que el cansancio me venciera.

A Inmaculada Espinosa, por sus aportaciones y enseñanzas en la utilización de los SIG y otros programas informáticos de manera desinteresada, imprescindibles para la realización de esta tesis.

Y finalmente quiero mencionar a Don Ángel Pérez Ruzafa, quién me animó de manera decisiva a lanzarme a esta aventura, aunque después de tanto tiempo, supongo que él ni lo recuerde.

INDICE GENERAL

Página

RESUMEN 11

I. INTRODUCCIÓN 15

1. Los suelos y su importancia 17
   1.1. Definición de suelo 19
   1.2. Degradación del suelo 20
2. El sellado de suelos 23
   2.1. Tipos de sellado 23
   2.2. Definición de sellado 23
   2.3. Grados de sellado 24
   2.4. El espacio actual sellado en Europa y España 25
   2.5. Efectos del sellado 30
3. Preocupación y actuaciones sobre suelos en distintos ámbitos 35
   3.1. En el mundo 35
   3.2. En Europa 36
   3.3. En España 37
4. Estudios sobre sellado de suelos 38
   4.1. Estudios sobre sellado de suelo a nivel internacional 39
      4.1.1. Temas de investigación a nivel internacional 40
   4.2. Estudios sobre sellado de suelo en España 47
      4.2.1. Temas de investigación en España 50
5. Justificación del estudio 56
   5.1. Consideraciones sobre la agricultura 57
      5.1.1. El trasvase Tajo-Segura 59
      5.1.2. Los invernaderos 60
   5.2. Consideraciones sobre el turismo 62
      5.2.1. Los campos de golf 65
   5.3. Consideraciones sobre las vías de comunicación 73
6. Objetivos 75
7. Estructura de la tesis 77

II. ÁREA DE ESTUDIO 79

1. Delimitación del área de estudio 81
2. Características generales del área de estudio 83

2.1. Topografía y geomorfología 83
2.2. Geología 85
2.3. Clima 89
2.4. Suelos 93
2.5. Aguas superficiales 96
2.6. Aguas subterráneas 101
2.7. Aspectos socioeconómicos 103
2.7.1. Agricultura 104
2.7.2. Crecimiento urbanístico 105

III. MATERIALES Y MÉTODOS 107
1. Fuentes de datos 109
2. Análisis espacial 113
3. Digitalización de ortoimágenes 116
3.1. Error estimado de digitalización 118
4. Clasificación de cubiertas de sellado de suelos 119
5. Datos estadísticos 120
6. Otras fuentes 121
7. Identificación de impactos medioambientales 122

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 125
1. Superficies de sellado de suelos digitalizadas 127
1.1. Sellado de suelos por urbanizado 127
1.1.1. Evolución Interanual municipal del suelo urbanizado 127
1.1.2. Evolución Interanual comarcal del suelo urbanizado 129
1.1.3. Análisis espacial de sellado de suelos por urbanizado 130
1.2. Sellado de suelos por resorts 155
1.2.1. Evolución Interanual municipal de resorts 155
1.2.2. Evolución Interanual comarcal de resorts 156
1.2.3. Análisis espacial de sellado de suelos por resorts 157
1.3. Sellado de suelos por invernaderos 161
1.3.1. Evolución Interanual municipal de invernaderos 162
1.3.2. Evolución Interanual comarcal de invernaderos 163
1.4. Sellado de suelos por red viaria 173
1.5. Sellado de suelos total 183
1.5.1. Evolución Interanual municipal del sellado de suelos total 183

1.5.2. Evolución Interanual comarcal del sellado de suelos total 213

2. Superficies construidas según fuentes estadísticas y catastrales 218
2.1. Tipos de viviendas en la CCCMM según fuentes estadísticas 219
2.2. Superficie construida en la CCCMM según fuentes catastrales 224
3. Superficies de invernaderos según fuentes estadísticas 225
4. Impactos medioambientales del sellado del suelo 226
4.1. Impactos derivados de las superficies construidas 226
4.1.1. Aumento de las escorrentías, avenidas e inundaciones ... 227
4.1.2. Perdida del recurso suelo 247
4.1.3. El caso particular de los resorts y campos de golf 251
4.1.4. Impactos de la construcción de vías de comunicación 260
4.2. Impactos derivados de la instalación de invernaderos 266
4.2.1. Consumo de recursos 270
4.2.2. Contaminación de suelos y aguas 271
4.2.3. Aumento del riesgo de erosión e inundaciones 273
4.2.4. Reducción de la biodiversidad 274
4.2.5. Residuos generados 275
4.2.6. Otros efectos 278
4.3. Impactos en el paisaje 279
4.4. Impactos en el Mar Menor 284
4.5. Impactos del cambio climático en la CCCMM 296

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 299

VI. REFERENCIAS 309
1. Referencias bibliográficas 311
2. Webgrafia 333

VII. ANEXOS 335

VIII. ÍNDICES DE FIGURAS Y TABLAS..... 351

1. Índice de figuras 353

2. Índice de tablas 362

RESUMEN

RESUMEN

El sellado del suelo constituye uno de los principales procesos de degradación de los suelos, reconocido así en la Directiva Europea para la Protección del Suelo de 2002. El sellado es un proceso de degradación de tipo físico, y en el caso del sellado antropogénico, que es el que nos ocupa en esta tesis, es originado por el hombre cuando se cubren los suelos naturales por superficies artificiales impermeables. A diferencia del sellado natural no siempre es reversible, pues aunque se eliminara la capa artificial sellada de suelo, este quedaría muy afectado.

En esta tesis se hace un análisis de los principales trabajos que hasta la fecha se han publicado, tanto a nivel internacional como nacional y las temáticas estudiadas. En general, los estudios son recientes, en especial en España, debido a que es un proceso también instaurado en los últimos años y cuyos impactos se han empezado a advertir recientemente. No obstante, es un tema de preocupación internacional, por el hecho de que en la actualidad el sellado ocupa una superficie muy considerable, con un ritmo creciente y a costa de suelos muy fértiles.

El presente estudio se ha realizado en la Comarca del Campo de Cartagena – Mar Menor, situada en la Región de Murcia (sureste de España), en la que en las últimas décadas se está produciendo una superficie extensa de sellado con diferentes orígenes. Habitualmente, sellado antropogénico se considera a las superficies cubiertas de cemento o asfalto, como construcciones de viviendas (en urbanizaciones o poblaciones), áreas industriales y comerciales, y vías comunicación (carreteras). En nuestro estudio hemos tenido también en cuenta como superficies selladoras de suelos a los invernaderos, por estar construidos con materiales plásticos impermeables, que no dejan pasar el agua y aíslan el suelo.

En la comarca analizada, el sellado ha sido principalmente consecuencia de dos hechos: (i) el urbanismo expansivo que ha tenido lugar en las últimas décadas debido al incremento turístico tan espectacular que tenido este lugar; y (ii) la llegada de las aguas del trasvase Tajo-Segura que transformó por completo los usos del suelo, con una creciente agricultura de regadío y la implantación de numerosos invernaderos.

El estudio del sellado se ha realizado mediante fotointerpretación de orto-imágenes de tres fechas seleccionadas: 1956, 1981 y 2011. Ello nos ha permitido también poder analizar la evolución del sellado en periodos temporales de 25 y 30 años. Igualmente

se han consultado diferentes fuentes estadísticas para cotejar y completar nuestros datos.

Otra parte del estudio se ha centrado en analizar los impactos medioambientales que el sellado ha ocasionado en la comarca, derivados, por un lado de las superficies construidas (inundaciones, pérdida de recursos, e impactos de las infraestructuras de transporte), y por otro, de la instalación de invernaderos (consumo de recursos, contaminación de suelos y aguas, aumento de inundaciones, reducción de la biodiversidad, residuos generados y otros). También se han analizado los impactos del sellado en el paisaje, en el Mar Menor y cómo el Cambio climático, debido a las superficies selladas, puede influir en la comarca.

Los resultados han mostrado que en la actualidad la superficie sellada en la comarca, debido a las superficies construidas, redes viarias e invernaderos, representa un 16% de la misma.

Las consecuencias directas más importantes de esta superficie de suelo sellada son el aumento de las escorrentías y las inundaciones. Como ejemplo basta citar las inundaciones extraordinarias que tuvieron lugar en diciembre de 2016 en las poblaciones de Los Alcázares y San Javier.

La laguna del Mar Menor, considerada de interés especial por sus únicas características, también está sufriendo los efectos del sellado, tanto por las escorrentías que a ella llegan, y no limpias precisamente, tanto procedentes de las poblaciones como de los cultivos (incluidos los invernaderos), que consumen altas tasas de pesticidas y fertilizantes.

Los cambios en el paisaje son también otros de los impactos negativos que lleva consigo el sellado. Por todo ello es necesario la existencia de leyes eficaces que traten de preservan a los suelos en la medida de lo posible y/o minimicen los impactos que el sellado produce.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

1. Los suelos y su importancia

La tierra, como planeta, está constituido, por una serie de recursos naturales esenciales para la vida y su desarrollo, estos son: el aire, el agua y la tierra. Es en este último recurso natural, donde se desarrolla y habitan la flora, la fauna y la humanidad, y donde se realizan la mayoría de sus actividades sociales, económicas y de ocio del ser humano.

De la tierra, dependen multitud de factores que regulan el mantenimiento de los ciclos de la vida, como son los procesos biogeoquímicos, tanto en los ecosistemas terrestres como en los marinos, siendo para el ser humano, un recurso esencial en la obtención de alimentos, como materias primas para su vida y sustento. De él dependen, desde el desarrollo de la vida animal y vegetal, pasando por el asentamiento humano en aldeas, pueblos o ciudades, así como el sustento de las actividades económicas en sus distintos facetas y sectores económicos. En definitiva, en el suelo tienen lugar toda una serie de procesos químicos y biológicos que hacen de este un soporte clave para el desarrollo de la vida en general.

Por otro lado, el suelo es, después de los océanos, el principal reservorio de carbono, que está contenido en su fracción orgánica, por lo que realizando un manejo adecuado puede constituir uno de los sumideros más importantes de CO_2 atmosférico. Por estos motivos el medio edáfico, como indican diferentes autores (Verheye, 1997; Añó y Sánchez, 2003; Arshad y Martin, 2002; Zalidis et al., 2002) representa un elemento clave en los estudios de planificación de usos del suelo, pues una utilización correcta, planificada y equilibrada del suelo en términos naturales, es fundamental para un desarrollo sostenible de la vida.

El suelo es fruto de la interacción de cinco factores naturales: roca madre, relieve, clima, el tiempo y organismos vivos, pudiendo ser estos, microorganismos, animales o plantas, entre otros. El suelo, cumple la función de ser el soporte de la vegetación y es el encargado de almacenar y regular los recursos hídricos, entre otras muchas funciones (Blum y Santelises, 1994; Blum, 1998). Es decir, es la despensa del ser humano, así como la base de gran parte de sus actividades económicas. Constituye un sistema multifuncional que produce biomasa, da protección a organismos y microorganismos que viven exclusivamente en su interior, es soporte de las actividades humanas, fuente de materias primas, participa en el ciclo bioquímico, geoquímico e hidrológico, filtra,

neutraliza y transforma sustancias contaminantes, etc. (Karlen et al. 1997; de Kimpey y Warkentin, 1998; Blum, 2002)

El hombre, por su parte, puede mejorar las condiciones de un suelo y dotarlo de fertilidad mediante técnicas de fertilización e irrigación, y preservar su biodiversidad mediante prácticas de conservación (FAO, 2002); o por el contrario degradarlo hasta el extremo que deje de ser funcional, desde un punto de vista medio-ambiental.

Las agresiones al suelo tienen especial importancia por ser, en la mayoría de los casos, actuaciones que suponen una reparación difícil y en muchos casos irreversible. Por tanto, es imprescindible trasmitir a la sociedad en general, la importancia de proteger el suelo y su calidad, dando a conocer su carácter finito. En promedio, 1 cm de suelo fértil tarda en formarse de 100 a 400 años, a través de la interacción de factores como el clima, la topografía, la vegetación, organismos animales y minerales (Doran 1996; Jenny 1980; Friend 1992).

Según García Alvarado et al. (2014) es importante tener en cuenta la amplia gama de funciones vitales que el suelo realiza en los ecosistemas, entre los que destacan los siguientes:

- Regula los flujos de agua por su capacidad de absorción, filtrado y almacenamiento.
- Reduce el riesgo de inundaciones.
- Retiene contaminantes debido a su capacidad de amortiguamiento.
- Absorbe CO_2 y regula los ciclos biogeoquímicos.
- Modera el microclima urbano amortiguando la amplitud térmica, riesgo de tormentas, incremento de la humedad, etc.
- Mantiene la biodiversidad de micro, meso y macrofauna y de la vegetación.
- Constituye un elemento esencial del paisaje.

Los suelos no han recibido la atención suficiente por parte de la sociedad y los gestores responsables del mismo. Debemos cambiar esta tendencia y retomar algunas acciones para su preservación y restauración. Como se ha indicado ya, el suelo no sólo es la base para la obtención de alimentos, tanto para los hombres como para los animales, sino que también de él se obtienen combustibles y fibras, entre sus funciones está mantener los ecosistemas y, por tanto, ayudan al bienestar humano. Alberga al menos una cuarta parte de la biodiversidad global y, por lo tanto, requiere la misma atención que la biodiversidad en la superficie. Los suelos tienen un papel clave en la obtención de agua potable y resistencia a inundaciones y sequías, es junto con el mar el mayor depósito de carbono

terrestre y por ello su preservación puede contribuir a la adaptación y mitigación del cambio climático. En definitiva, el mantenimiento o fortalecimiento de los recursos mundiales del suelo es algo esencial para garantizar y atender las necesidades de alimentos, agua y energía de la especie humana.

1.1. Definición de Suelo

Definiciones de suelo son numerosas y se han multiplicado en las últimas décadas, conforme ha ido aumentando el interés en este recurso, por tanto existen diversidad de definiciones, casi tantas como personas que se han dedicado a su estudio, aquí sólo se citan algunas de ellas.

Atendiendo a su etimología, la palabra suelo proviene del latín “solum”, que significa suelo, tierra o parcela, aunque su definición puede variar según el punto de vista de la ciencia que lo estudia o del interés específico que se tenga por él. No es lo mismo el suelo para un arquitecto, que para un agricultor, un constructor o promotor urbanístico, o un naturalista.

Según Dokuchaev (1883), el suelo podría definirse como la parte más superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, proveniente de la meteorización (física o química) de las rocas y que actúa como un cuerpo independiente.

Según el diccionario de Geografía Rioduero (1972), el suelo es la formación natural superficial, de estructura muelle y de espesor variable, resultante de la transformación de la roca madre subyacente bajo la acción de diversos procesos, físicos, químicos y biológicos. Está constituido por elementos minerales y orgánicos, divididos en horizontes verticales.

La Agencia Europea para el Medio Ambiente (EEA, European Environment Agency 2002), considera que el suelo tiene un papel fundamental en el medio ambiente, ya que realiza múltiples funciones ecológicas y económicas. Los suelos son uno de los sistemas fundamentales para la producción agrícola de alimentos, la vida y el medio ambiente y, por lo tanto, sus funciones y calidad se deben mantener en una condición sostenible. La alteración de los procesos de los suelos conduce a cambios en el funcionamiento de los ecosistemas, y otros muchos problemas ambientales que se originan dentro del suelo.

1.2. Degradación del suelo

La degradación del suelo no es un problema de escala regional o comarcal, es un problema global que afecta al futuro de la humanidad y la vida en el planeta, así como la posibilidad de un desarrollo sostenible (Doran y Zeiss, 2000; Karlen et al, 2001).

Según Doran et al. (1996) “se puede considerar como cierto que un suelo degradado, es un suelo enfermo y, por tanto, la salud del suelo se debe entender como la capacidad para funcionar como un ser vivo, como un sistema vital, pues contiene elementos biológicos que son fundamentales para el funcionamiento de los ecosistemas dentro de los límites de uso del suelo”.

La degradación, en la mayoría de los casos, tiene una causa antropogénica, un agente externo, un organismo vivo capaz de modificar relieves y cambiar los climas, el más influyente es, sin lugar a dudas, el ser humano, ya que tiene la capacidad de poder alterar el equilibrio natural de generación y destrucción edáfica, haciendo que este pase a ser un recurso no renovable a escala humana. No obstante, la interacción entre el ser humano y el suelo es un proceso simbiótico del cual ambas partes pueden salir beneficiadas, si ese máximo elemento alterador, el hombre, realiza esa simbiosis desde una perspectiva equilibrada y sostenible (FAO, 2015). Teniendo en cuenta que todas las actividades antrópicas que fomentan la ocupación del suelo como recurso y bien escaso, pueden ocasionar la eliminación definitiva del recurso (Do Campo 2011) y como los elementos naturales guardan una relación estrecha entre ellos, la degradación de un recurso puede conllevar la de otro próximo e incluso su eliminación.

Según FAO-PNUMA, en 1984 se calculó que la superficie total de suelos perdidos a lo largo de historia es mayor que toda la superficie que se mantenía en cultivo en la década de los ochenta del siglo pasado. De 5 a 7 millones de hectáreas de tierras cultivadas (0,3 a 0,5 % del total) se pierden cada año por degradación de los suelos, y se estimó que a finales del siglo pasado se perdían 10 millones de ha al año, lo que equivale al 0,7 % del área que se cultiva en la actualidad. De proseguir el ritmo actual de degradación de la tierra, cerca de un tercio de la tierra cultivable del mundo se destruirá en las próximas décadas, y la productividad del suelo en los países en desarrollo se reducirá en un quinto.

La degradación tiene como efecto principal y más visible, la disminución de la biomasa vegetal, lo anterior motiva escasa absorción de la materia orgánica depositada en el suelo, debido a la agresión que produce en la fauna y la microflora, lo que dificulta el enraizamiento de las plantas, la posibilidad de absorción de los elementos nutritivos, y

disminuye la cantidad de agua retenida por el suelo. Esta pérdida de productividad agrícola, reduce la eficacia de los abonos, por lo que se requiere cada vez más cantidad de los mismos para mantener las productividades. Hay que destacar que los suelos degradados se ven sometidos a fuertes procesos erosivos que los pueden llegar a convertir en zonas desérticas.

Debido a esta transcendental importancia del suelo y a su evidente y progresivo deterioro por parte del hombre, en el año 2002, la Comunicación de la Comisión del Consejo del Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones, titulada "Hacia una estrategia temática para la protección del suelo" (COM/2002/0179 final), corroborada posteriormente por la "Directiva Europea para la Protección del Suelo", constituyó el punto de partida para el establecimiento, por vez primera, de los ocho tipos principales de degradación o amenazas que afectan a los suelos europeos, estas son:

1. Erosión
2. Pérdida de materia orgánica
3. Contaminación del suelo (local y difusa)
4. **Sellado del suelo**
5. Compactación del suelo
6. Pérdida de biodiversidad
7. Salinización
8. Riesgos hidrogeológicos, inundaciones y deslizamientos de tierras

Así pues, el sellado del suelo (objeto de esta tesis) constituye uno de los ocho tipos principales de degradación o amenazas que afectan a los suelos europeos.

Por otra parte, la degradación del suelo se puede clasificar en tres grandes grupos en función de la causa dominante:

a. Degradación física. Provoca el deterioro o eliminación de uno o varios factores o propiedades físicas del suelo, teniendo como consecuencias: (i) compactación del suelo, (ii) sellado de suelos y (iii) erosión.
b. Degradación química. Consiste en la alteración del balance químico, el aumento inusual de la concentración o inclusión de compuestos exógenos al medio edáfico, dando lugar a: (i) acidificación de los suelos, (ii) salinización y (iii) contaminación.
c. Degradación biológica. Provoca una perturbación de la comunidad de organismos que viven en el suelo, una alteración de los procesos biológicos y una reducción significativa

del contenido de materia orgánica, teniendo como consecuencias directas: (i) la pérdida de biodiversidad estructural y funcional, (ii) alteración de los ciclos de la materia, (iii) descenso del contenido de materia orgánica, (iv) aumento de organismos patógenos y (v) contaminación del suelo (local y difusa).

Todos los procesos de degradación están relacionados e interconectados, por lo que en principio puede ser una causa principal de degradación de suelo y se puede convertir por esa interconexión en otro tipo de degradación (Crespi et al., 2007).

La degradación del suelo que se estudia en esta tesis, se corresponde con una degradación física del mismo, como consecuencia del sellado de los suelos por acción antrópica.

2. El sellado de suelos

2.1. Tipos de sellado

El sellado del suelo se puede producir por procesos naturales o por procesos antropogénicos.

El sellado por procesos naturales constituye una delgada capa compacta de unos pocos milímetros de espesor, que se forma debido a la fuerza cinética de las gotas de lluvia o riego al caer sobre la superficie. Este proceso se produce a escala milimétrica o incluso menor, dando como resultado: (i) un aumento de la densidad aparente (al quedar los poros rellenos con las partículas resultantes de la desagregación), (ii) una disminución de la porosidad, (iii) y mayor dificultad de infiltración del agua en el suelo, consecuencia del sellado superficial. Cuando el suelo se seca, se produce el encostramiento **(1)**. Es importante mencionar que encostramiento y compactación no son sinónimos de sellado.

El sellado natural del suelo es consecuencia de la degradación física de los suelos esta viene propiciada por un efecto combinado o individual de pérdida de materia orgánica el efecto del tránsito de la maquinaria pesada; eliminación de la cobertura vegetal con la consecuente desprotección del suelo frente al impacto de las gotas de lluvia. Obviamente la acción conjugada de los tres procesos genera que se refuercen unos a otros, lo que afecta negativamente a sus propiedades hidrológicas, al disminuir la infiltración y favorecer la escorrentía superficial, y favorecer los procesos de erosión **(2),** no obstante, el sellado natural del suelo suele ser reversible.

El sellado artificial del suelo, que es el que nos ocupa en esta investigación, es causado por el hombre cuando su actividad motiva una impermeabilización del mismo, y a diferencia del sellado natural no siempre es reversible, pues aunque se eliminara la capa artificial sellada de suelo, este quedaría muy afectado.

2.2. Definiciones de sellado

Según exponen García Alvarado et al. (2014) el concepto de sellado de suelo ha ido migrando desde el ámbito puramente edáfico, agrario, biogeográfico, técnico y geotécnico, para pasar a formar parte de postulados ambientales y ecológicos más amplios.

Según la Agencia Europea para el Medio Ambiente (AEMA, 2012) por “sellado del suelo se entiende la acción de cubrir de forma permanente una superficie de terreno con material impermeable artificial, como cemento o asfalto”, es decir la transformación del suelo natural (generalmente permeable) por otro constituido por materiales artificiales impermeables.

Según Artmann (2013b) el sellado del suelo se define como "la cubierta permanente de tierra por parte de materiales impermeables (edificios, asfalto…) o semi-impermeable (adoquines, hierba, tierra batida o materiales artificiales)". Esto es debido a una mayor ocupación de la tierra por zonas de colonización, urbanización e infraestructuras y su relación con la conversión de tierras agrícolas en superficies construidas.

2.3. Grados de sellado

Un aspecto importante a tener en cuenta es el grado de sellado, pues no todas las superficies sellantes son iguales. En la tabla 1.1 se exponen, según Burghardt (2006), algunas de las tipologías de suelo urbano y grados de sellado.

Tabla 1.1. Tipologías de suelo urbano y grados de sellado. Fuente: Burghardt, 2006.

Tipo se suelo urbano	Área sellada (%)
Áreas construidas de bloques cerrados	80-100
Casas adosadas	60-80
Áreas construidas de grandes bloques	50-70
Casas separadas	40-60
Chalets	20-40
Áreas industriales y comerciales	70-100
Calles, amplias zonas de estacionamiento, incluidas las zonas verdes	80-100
Campos de deportes fuertemente sellados	80-100
Jardines públicos	0-20

En el estudio realizado en esta tesis, como sellado del suelo hemos considerado varias superficies: (i) suelo urbanizado en el que se incluyen las diferentes tipologías de construcciones en los núcleos de población, las áreas industriales y comerciales; (ii) los resort con campos de golf asociados, por ser construcciones diferentes a las anteriores y con un grado de sellado menor; (iii) vías de comunicación; (iv) y superficies ocupadas por invernaderos. En el caso de esta última superficie el grado de sellado lo hemos

considerado inferior, por el espacio que existe entre invernaderos que no está cubierto con plásticos, aunque dicha superficie está muy compactada por el paso constante de maquinaria agrícola.

Respecto a los invernaderos no conocemos ninguna publicación que los haya incluido como superficies sellantes, pero consideramos que aquellos que están construidos con plásticos o cristal, es decir con una cubierta totalmente impermeable, si constituyen áreas selladas. No obstante, hay que mencionar que este tipo de sellado es reversible, en el caso de que los agricultores decidieran desmantelar los invernaderos, pues el suelo como recurso (aunque muy degradado por los cultivos tan intensivos) seguiría estando. En la tabla 1.2 figuran los grados de sellado que nosotros hemos considerado. Estos grados de sellado se han establecido teniendo en cuenta los porcentajes de escorrentía que para diferentes cubiertas de suelo considera el USDA (1986)

Tabla 1.2. Grados de sellado según las superficies sellantes consideradas en esta tesis.

Tipos de superficies	**Área sellada (%)**
Suelo urbanizado, áreas industriales y comerciales	80-100
Resort con campos de golf	50-60
Vías de comunicación (carreteras)	80-100
Invernaderos	70-90

2.4. El espacio actual sellado en Europa y en España

El sellado artificial del suelo es un tema de alta preocupación a nivel mundial. En la Estrategia Temática para la Protección del Suelo de la Comisión Europea [COM (2006) 231] y, en el último informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente sobre el estado del medio ambiente en Europa (AEMA, 2010), se considera que “el sellado del suelo es una de las principales causas de la degradación del suelo en la Unión Europea”.

El crecimiento de las ciudades y de las áreas periurbanas, el turismo, las infraestructuras e industrias, hace que desaparezca el suelo agrícola a favor del urbanizado. Las zonas urbanas están aumentando a un ritmo muy superior al crecimiento poblacional en muchas partes del mundo, más de 73 ciudades en el mundo ocupan una superficie mayor de 1.000 km^2 (AEMA, 2012). A este respecto, la Agencia Europea de Medio Ambiente indica una tasa media de crecimiento del área urbana, en los últimos 20 años, del 20%, y desde mediados de 1950 la superficie total de las ciudades de la UE ha aumentado en un 78%, mientras que la población sólo lo ha hecho un 33% **(3)**.

En la figura 1.1 se muestra la densidad del sellado del suelo en 2009 para Europa, basado en una rejilla de referencia de 10 km^2. Los colores verde y naranja claro muestran áreas con sellado nulo o muy limitado, mientras que los colores rojo y rojo oscuro muestran celdas de rejilla altamente selladas, principalmente zonas urbanas. Aunque la escala del mapa representado no permite profundizar en detalle, en el caso de España destacan especialmente la ciudad de Madrid y la costa de comunidad valenciana y murciana (área de nuestro estudio), como aquellas en las que el sellado es más importante.

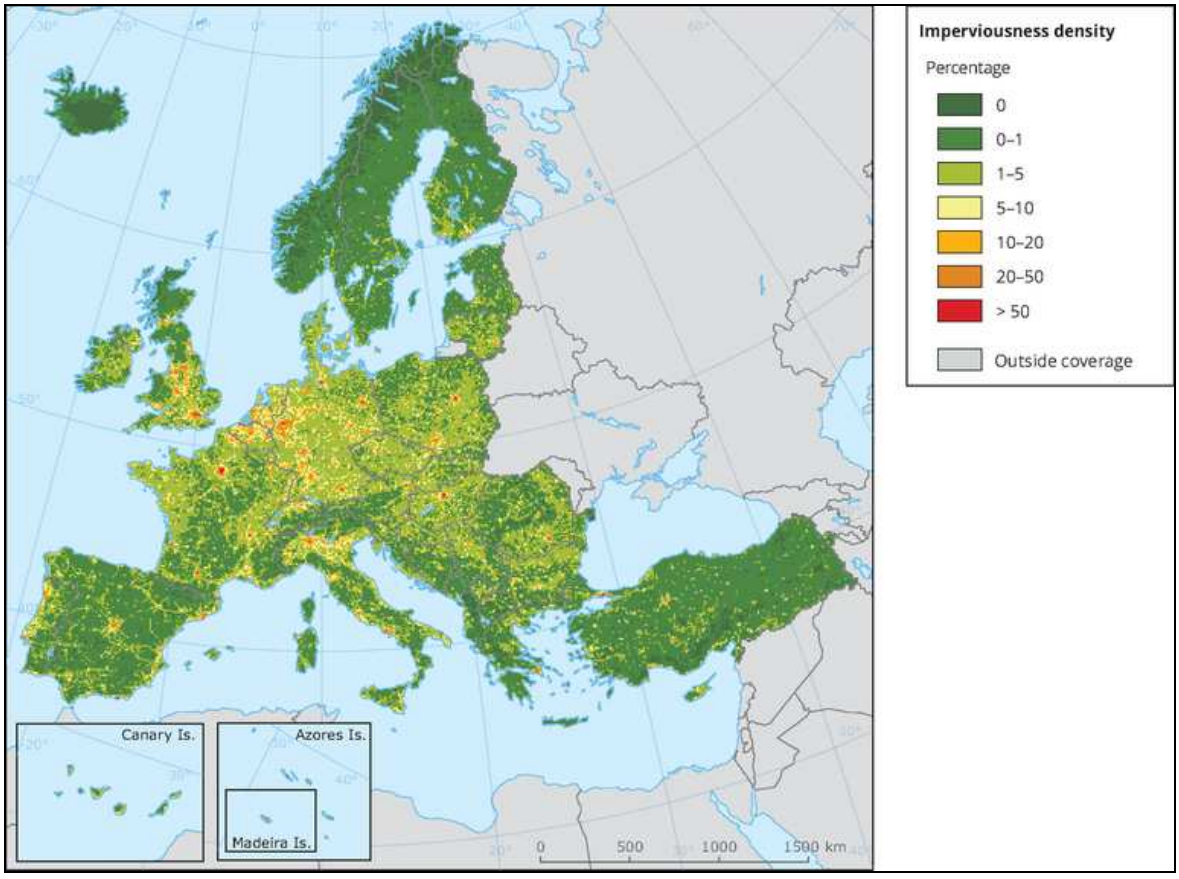


Figura 1.1. Densidad del sellado del suelo en 2009. Fuente EEA, 2009.

El proyecto europeo Corine Land Cover (CLC), que cartografió la superficie europea por satélite en el año 2000 y la comparó con los datos del año 1990, determinó por primera vez el cambio de usos del suelo de una manera general y en toda Europa. Respecto a España, el mayor cambio registrado en el uso del suelo, durante la década de los noventa del siglo pasado, ha sido el incremento del suelo urbanizado en 166.895 hectáreas, cifra que supone un aumento del 26%. CLC con posterioridad evaluó los cambios entre 1990 y 2006 (Figura 1.2) y en lo que se refiere a superficies artificiales, España fue de 12.525 km^2, las superficies urbanizadas en dicho periodo representan el 7,9%, uso que más variación tuvo (Tabla 1.3).

Las Directrices sobre mejores prácticas para limitar, mitigar o compensar el sellado del suelo (AEMA 2012) parten del hecho que la pérdida del suelo entre 1990 y 2006 ha oscilado entre 1.000 km^2/año y 920 km^2/año, con un incremento de la superficie urbanizada entre un 6 y un 9% (mayor hasta el año 2000 y algo menor hasta 2006). De mantenerse constante esta tendencia lineal, en apenas un período de tiempo estimado de un siglo, habremos transformado una superficie equivalente al territorio de Hungría (Garcia Alvarado et al., 2014).

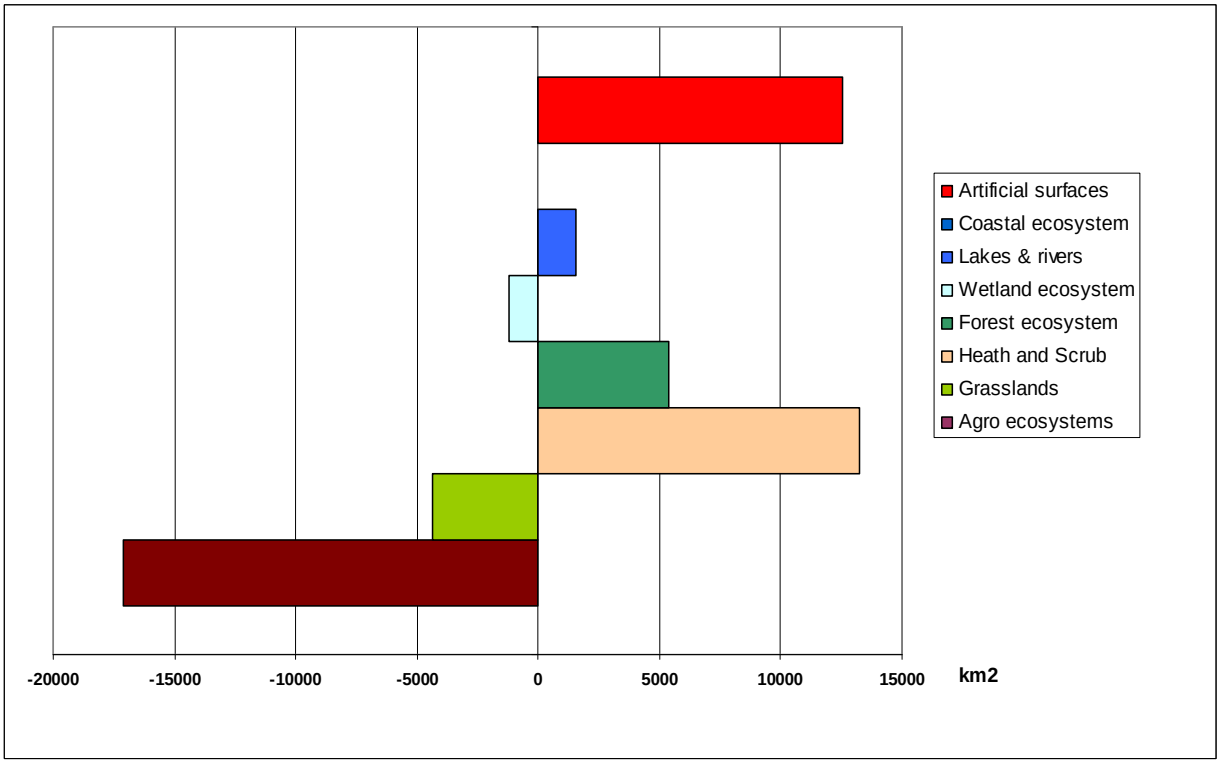


Figura 1.2. Cambios en los usos del suelo entre 1990 y 2006 (km^2) según Corine Land Cover (CLC). Fuente: EEA, 2006.

En general, el sellado del suelo se hace a costa de suelos agrícolas, y en el análisis de los datos de CLC, se pone de manifiesto la gran pérdida de tierras agrícolas en 20 países de la UE debido a la urbanización entre 1990 y 2000. En la figura 1.3 se muestra como España es el segundo país de la UE que ha experimentado el cambio de tierras agrícolas en beneficio de las superficies urbanizadas.

Tabla 1.3. Cambios de usos del suelo entre 1990 y 2006. Fuente EEA 2015a.

Uso del suelo	Variación 1990-2006 (km^2)	Variación 1990-2006 (%)
Agro ecosistemas	-17.087,19	-0,9
Pastizales	-4.347,38	-1,2
Matorrales	13.245,44	5,9
Ecosistema forestal	5.377,77	0,6
Ecosistema de humedales	-1.186,75	-2,7
Lagos y ríos	1.580,8	4,4
Ecosistema costero	9,16	0,0
Superficies artificiales	**12.535,34**	**7,9**

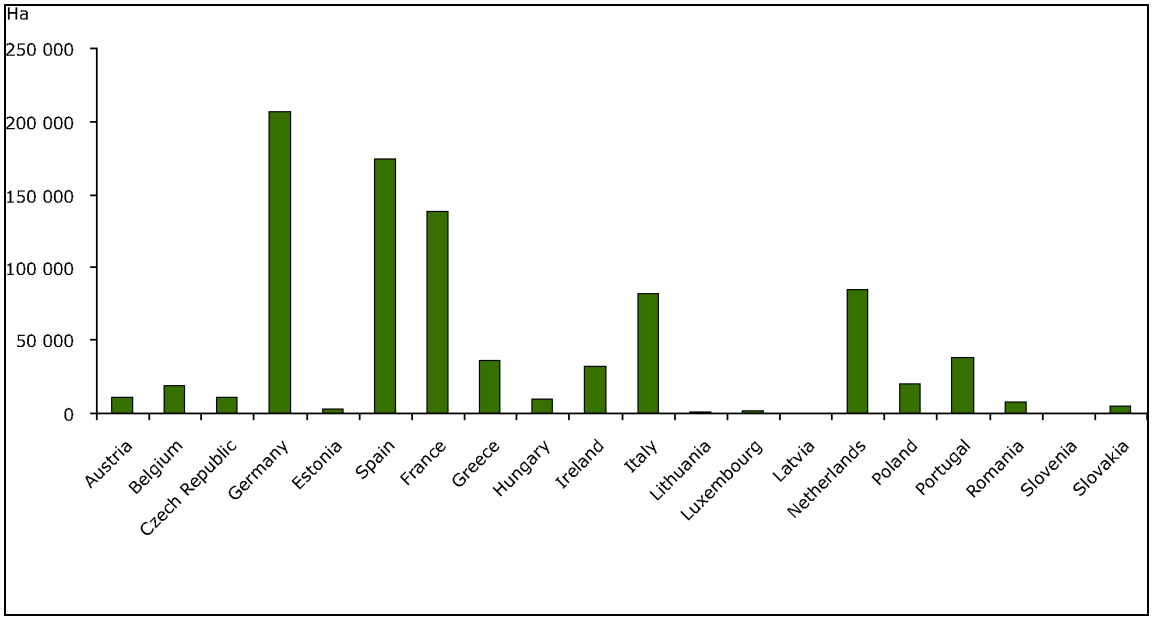


Figura 1.3. Pérdida estimada de tierras agrícolas en 20 países de la UE debido a la urbanización entre 1990 y 2000. Fuente: EEA 2015a.

Si se tienen en cuenta las transferencias netas en la cobertura del suelo, tan sólo en el período 2000-2006 para Europa, se observa como las áreas artificiales han aumentado en mas de 600.000 ha, un 3,2%. Como se advierte en la figura 1.4 este uso del suelo destaca especialmente respecto al resto de los considerados.

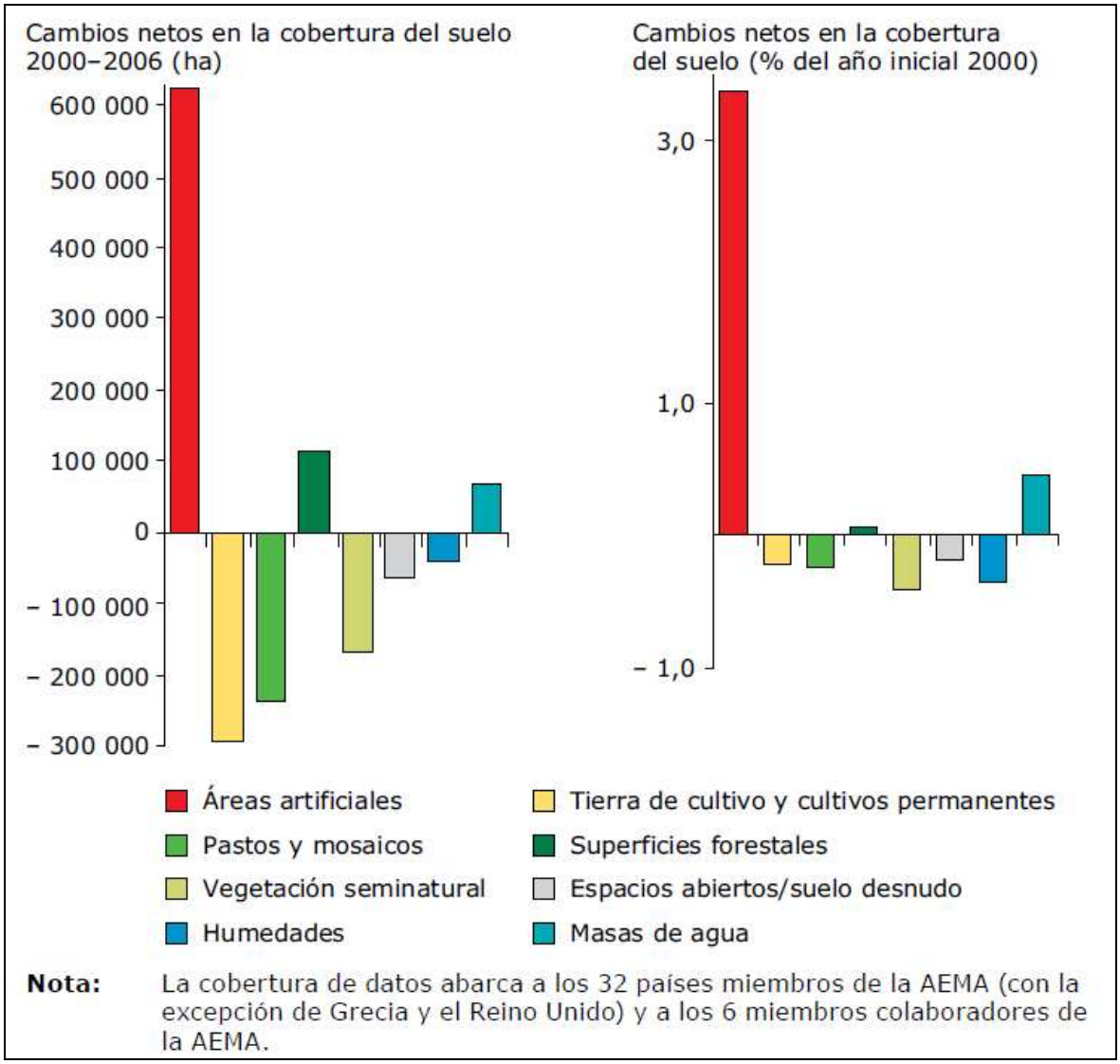


Figura 1.4. Cambios netos en la cobertura del suelo en el período 2000-2006 en Europa: cambios en la superficie total en hectáreas y porcentaje de los cambios. Fuente: AEMA, 2010.

Según la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA, 2006), el proceso de urbanización en Europa ha evolucionado como un claro ciclo de cambio durante el periodo de posguerra, desde la urbanización hasta la suburbanización, la desurbanización y, más recientemente, la reurbanización. Históricamente, el crecimiento de las ciudades estaba fundamentalmente ligado al aumento de la población. Por el contrario, la expansión urbana es un fenómeno más reciente y ya no está vinculada al crecimiento de la población. Los puntos calientes de expansión urbana son comunes a lo largo de bandas costeras, como en el caso de España, donde las áreas artificiales pueden cubrir hasta el 50% de la superficie total (Figura 1.5). Esto es doblemente preocupante, dada la conocida vulnerabilidad de ecosistemas costeros y porque la región mediterránea está clasificada como una de las 34 zonas "hotspots" de biodiversidad.

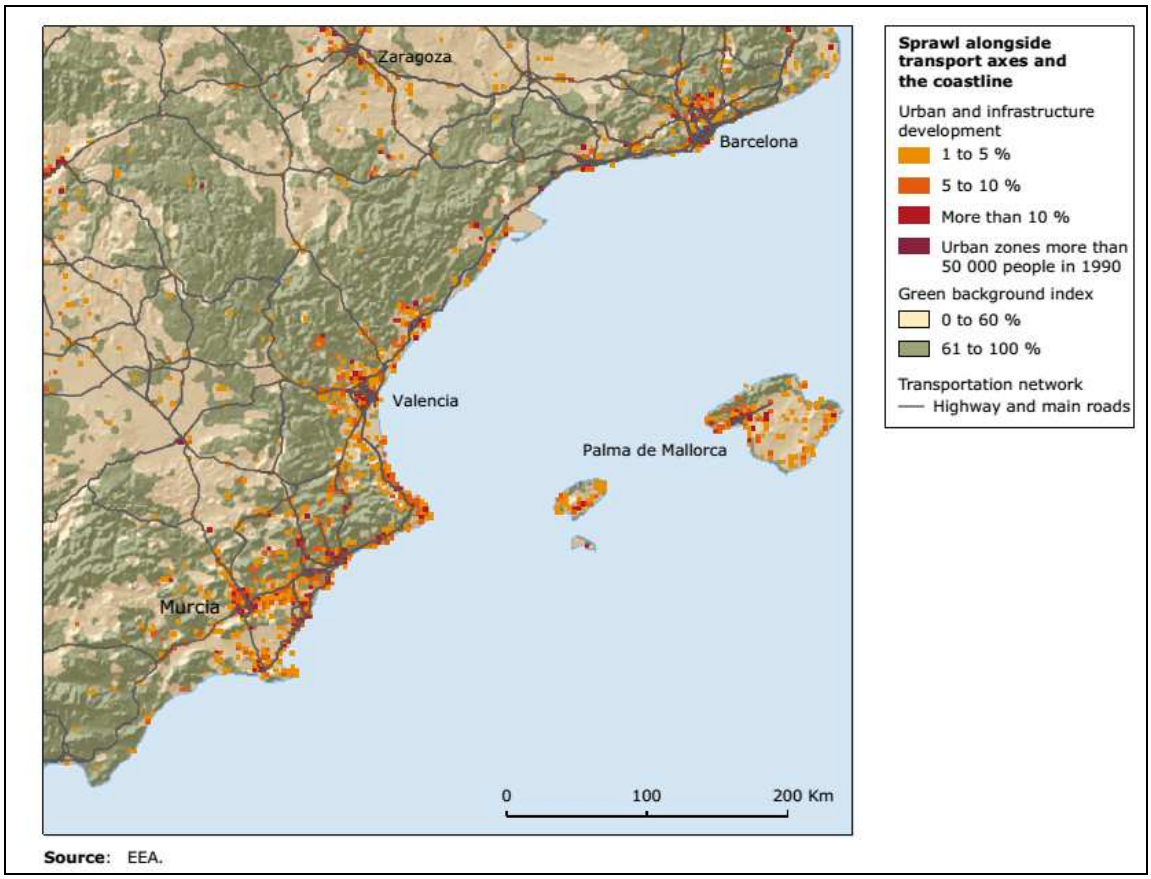


Figura 1.5. Expansión urbana ("urban sprawl") en la costa mediterránea del sudeste de España (1990-2000). Obsérvese el grado de urbanización de la comarca estudiada en la tesis. Fuente: EEA 2006.

2.5. Efectos del sellado

El sellado del suelo no es negativo en sí mismo, sino que es su irreversibilidad en términos prácticos y la consiguiente pérdida de las funciones del suelo, lo que lo convierten en algo negativo (AEMA, 2002).

El proceso de sellado antropogénico de suelos, su urbanización y la consiguiente impermeabilización del suelo determina, entre otros impactos, no sólo las pérdidas de las funciones ecológicas del suelo, sino también una variación del presupuesto energético de la superficie terrestre que afecta a las condiciones microclimáticas (Gardi et al., 2007).

Según Scalenghe y Marsan (2009) los efectos del sellado del suelo en el componente ambiental principal se refieren a la cinética de las reacciones químicas y al intercambio de agua, gas, partículas y energía entre el suelo y otros compartimentos ambientales, afectando así el buen funcionamiento del suelo. Los principales impactos del sellado serian en: (i) la transferencia de energía, (ii) movimiento del agua, (iii) difusión de los gases, (iv) e impactos en la biota, con la pérdida de biodiversidad. En la tabla 1.4 se

presentan los principales efectos y consecuencias del sellado de suelos según Scalenghe y Marsan (2009).

Tabla 1.4. Efectos y consecuencias del sellado del suelos. Fuente: traducido de Scalenghe y Marsan, 2009. CP = corto plazo, MD = medio plazo, LG = largo plazo.

	Efectos	Tiempos	Consecuencias
Calor	Incremento de la radiación absorvida	CP	Superficies menos reflectantes
		MP	Isla de calor
Agua	Menos infiltración	MP	Reducción de reactividad química
		LP	Menos capacidad de infiltración
		MP	Agrietamiento
		CP	Pérdida de biomasa
		LP	Disminución recarga de acuíferos
	Mas escorrentía	CP	Mas agua en áreas próximas
		MP	Aumento del tiempo de estancamiento
		MP	Probabilidad de anaerobiosis
		CP	Transferencia de contaminantes
		LP	Mayor riesgo inundaciones repentinas
	Barrera para la capa freática	CP	Mayor riesgo de anaerobiosis
		MP	Liberación de contaminantes
Gas	Intercambios reducidos / interrumpidos	LP	Riesgo de anaerobiosis
		CP	Captura parcial
Biota	Pérdida de la cubierta vegetal / biomasa	MP	Reducción de la biodiversidad
		LP	Reducción sumideros de carbono
	Isla de calor urbana	MP	Incremento térmico
Paisaje	Aumento de la erosión eólica	MP	Aumento de partículas en aire
	Aumento de la erosión hídrica	MP	Aumento erosión áreas próximas
	Uniformidad	CP	Reducción del atractivo estético
		MP	Atracción del atractivo paisajístico

Burghardt (2006), ha establecido los efectos del sellado del suelo tanto positivos (Tabla 1.5) como negativos (Tabla 1.6). El porcentaje estimado en billones de euros y porcentaje en relación al producto nacional bruto de Alemania. No obstante, los efectos negativos no los cuantifica, lo que consideramos puede ser debido a que los servicios ecosistémicos que prestan los suelos son muy difíciles de evaluar, aunque sin duda son de trascendental importancia, y supondrían un costo muy elevado.

En los estudios de sellado raramente se analizan los efectos positivos como así lo ha hecho Burghardt. Él considera además diferentes tipos de efectos, directos e indirectos. Los efectos directos del sellado los relaciona con mayores inversiones en construcción, transporte, vehículos para movilidad y educación; y como efectos indirectos cita los que básicamente tienen que ver con los servicios e industria, por las necesidades que las nuevas construcciones crean (Tabla 1.5).

Tabla 1.5. Efectos positivos del sellado. Fuente: traducido de Burghardt (2006).

Efectos positivos del sellado de suelos		
Creación de ingresos, producto nacional bruto ejemplo Alemania 2002 (Statistisches Bundesamt 2005)		
	Euros (billones)	**%**
Producto nacional bruto total	2.130	100
Efectos directos del sellado del suelo (construcciones, coches, transporte, educación)	850	40
Efectos indirectos del sellado del suelo (minería, industria, ingeniería, servicios)	1.160	54
Sin fuertes efectos del sellado del suelo (agricultura, ganadería, energía y agua)	120	6
Mejora de la seguridad pública, servicios emergencia (incendio, salud), comunicación		

En general, los efectos negativos del sellado según Burghardt (2006), suelen ser los mismos que manejan otros autores, pero es de destacar la mención a la generación de áreas de baja calidad de vida, cuando en ocasiones se pretendía el objetivo contrario.

Tabla 1.6. Efectos negativos del sellado. Fuente: traducido de Burghardt (2006).

Efectos negativos del sellado de suelos
Pérdida de tierra fértil
Pérdida de flora y fauna
Degeneración del hábitat por disección de la tierra
Aumento de las escorrentías, inundaciones, costes de seguridad
Aumento de los costos de salud por calentamiento urbano, aumento de la presencia de polvo, pérdida de suelo como sumidero de CO_2
Generación de áreas de baja calidad de vida
Costos sociales

Barbero Sierra et al. (2013) mencionan toda una serie de consecuencias directas del sellado, así como los cambios socio-ambientales asociados, según los diferentes autores que los han tratado (Tabla 1.7).

En lo que sí están de acuerdo la mayoría de los autores que han tratado los impactos del sellado, es de señalar la pérdida de las funciones del suelo y en considerar el aumento de las escorrentías y el incremento de las posibles inundaciones como uno de los mayores problemas derivados

Tabla 1.7. Efectos irreversibles sobre la integridad del suelo y los cambios socioambientales ligados a la urbanización. Fuente: Barbero Sierra et al. (2013)

Consecuencias directas	**Referencia**
Pérdida superior del suelo por eliminación física o sellado	Blum, 2009
Disminución general del contenido de humedad del suelo, y de la recarga de acuíferos	Scalenghe y Marsan, 2009
Se impide la infiltración de agua de lluvia, lo que da como sesultado altas tasas de escorrentía y riesgo de inundaciones, así como pérdidas de agua en regiones donde el agua es un recurso escaso	Barron et al., 2011
Mayor conectividad que conduce a mayores procesos de escorrentía y erosión	Frey et al., 2009
Aumento de las tasas de evaporación en áreas urbanas, selladas con asfalto, cemento u otros materiales densos.	Blum, 2009
La capacidad de regular los ciclos del agua disminuye en las cuencas de los ríos urbanizados	Burghardt, 2006
Aumento de la temperatura debido a la acumulación de calor en los edificios	Grimm et al., 2008
Aumento de los residuos y las tasas de emisiones	Chen, 2007
Disminución de la biodiversidad del suelo	Byrne, 2007; Pickett et al., 2008
La capacidad del suelo para actuar como sumidero de carbono se ve afectada	Powlson et al., 2011
Cambios socioambientales asociados	**Referencia**
Conflictos entre sectores urbanos y agrícolas por la creciente demanda de áreas urbanas	Pavón et al., 2003
Proceso dual de abandono de tierras marginales e intensificación de tierras de calidad que llevan a la desaparición de los paisajes tradicionales	Detsis, 2010, Rubio y Recatalá, 2006
Interrupciones y pérdidas sociales o tradiciones rurales	Van Eetvelde y Antrop, 2004

El desarrollo urbano implica el consumo sustancial de numerosos recursos naturales. El consumo de tierra y suelo es especialmente preocupante ya que son en su mayoría recursos no renovables. En contraste con los cambios en el uso de la tierra para el desarrollo de tierras de cultivo, la construcción de nuevas viviendas o carreteras tiende a ser permanente y reversible sólo a costos muy altos.

La expansión urbana y el desarrollo de la tierra urbana también transforman dramáticamente las propiedades del suelo, reduciendo su capacidad para realizar sus funciones esenciales: pérdida de permeabilidad al agua, biodiversidad y la reducción de su capacidad para actuar como sumidero de carbono.

El cambio en el uso de la tierra también altera las características del agua y la superficie terrestre, lo que a su vez modifica las interacciones de las aguas superficiales y subterráneas (puntos de descarga / recarga) hasta el punto de que la mayoría de las

pequeñas cuencas afectadas por la expansión urbana presentan deficiencias hidrológicas. Si la capacidad de ciertos territorios para mantener el equilibrio ecológico y los beneficios del agua subterránea disminuye, esto podría conducir a conflictos debido a la competencia por el recurso.

Los cambios en el estilo de vida asociados con la expansión urbana contribuyen también al aumento del uso de los recursos. Las personas viven cada vez más en hogares individuales, que tienden a ser menos eficientes, requiriendo más recursos per cápita que los hogares más grandes. Por ejemplo, una vivienda ocupada de dos personas utiliza 300 litros de agua por día, dos hogares individuales utilizan 210 litros cada uno. Un hogar de dos personas utilizará un 20% menos de energía que dos hogares de una sola persona. Por otro lado, el aumento del consumo de energía relacionado con el transporte conduce a su vez a un aumento de la emisión de CO_2 a la atmósfera. La relación entre las densidades de población y las emisiones de CO_2 es evidente a medida que las emisiones aumentan progresivamente con la caída de las densidades urbanas. Aunque hay varios factores que pueden explicar los diferenciales en las emisiones de CO_2 entre ciudades, incluyendo el nivel de actividad industrial y las condiciones climáticas locales, el predominio del transporte a motor en ciudades en expansión, es claramente un factor importante en el crecimiento de las emisiones urbanas de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, la expansión urbana plantea amenazas significativas a los compromisos de Kyoto de la UE para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para 2020 (Dosch, 2001).

3. Preocupación y actuaciones sobre suelos en distintos ámbitos

3.1. En el mundo

Durante las últimas décadas, la preocupación por el recurso suelo ha ido creciendo a nivel mundial, y una nueva actitud de reflexión, atención y vigilancia se esta desarrollando en el Mundo, Europa y en España, aunque (en nuestra opinión) no con toda la intensidad que este proceso requiere.

A nivel mundial, se puede considerar como punto de partida en la inquitud por el recurso suelo el fenómeno conocido como “Los sucios años 30” en EEUU, coincidiendo con los años 1931-1939, periodo en el que una intensa sequía, así como una serie de malas prácticas agrícolas fomentaron la erosión eólica **(4).**

En las grandes llanuras de EE.UU y Canadá más de 30 millones de hectáreas se vieron afectadas, provocando hambruna y entre 3 y 4 millones de desplazados. De las consecuencias de estos hechos surgió en 1933, el “Soil Erosion Service” (SES). Posteriormente, en 1935 se crea el Soil Conservation Service (SCS), 1970 la Environmental Protection Agency (EPA), en 1994 el National Resources Conservation Service (NRCS), Paralelamente, en distintos países y continentes se van aprobando reglamentos o leyes del suelo. En orden cronológico son las siguientes:

- 1939. Australia. Soil Conservation Act.
- 1941. Nueva Zelanda. Soil Conservation and Rivers Control Act.
- 1945. South Australia. Soil and Land Conservation Act.
- 1987. Canadá. Soil Conservation Council.
- 1991. China. Law of the People's Republic of China on Water and Soil Conservation.
- 2002. Japón. Soil Contamination Countermeasures Act.

En el año 2012, el Comité de Agricultura de la FAO (COAG) respaldó la iniciativa de establecer la "Alianza mundial sobre los suelos". Una iniciativa que sería voluntaria y en la que podían participar gobiernos, organizaciones internacionales y regionales, instituciones y cualquier parte interesada, no generando derechos ni obligaciones, vinculantes jurídicamente, ni entre sus miembros o entidades participantes. El mandato de la Alianza es mejorar la utilización de los suelos del planeta a fin de asegurar suelos sanos y productivos para un mundo que goce de seguridad alimentaria, así como apoyar otros servicios ecosistémicos esenciales en consonancia con el derecho de cada Estado sobre sus recursos naturales. Además, la Alianza aumentará la sensibilización y

contribuirá al desarrollo de capacidades, aprovechará los conocimientos científicos disponibles y facilitará el intercambio de conocimientos y tecnologías entre las partes interesadas, o contribuirá al mismo, con miras a la gestión y utilización sostenibles de los recursos de suelos. La Alianza se organiza en torno a cinco pilares de acción: a) promover la ordenación sostenible de los recursos de suelos; b) fomentar la inversión, la cooperación técnica, las políticas, la sensibilización educativa y la extensión sobre los suelos; c) promover la investigación y el desarrollo edafológicos centrándose en las lagunas y prioridades que se hayan determinado; d) aumentar la cantidad y la calidad de los datos e informaciones edafológicos; e) respaldar la armonización de los métodos de análisis, las mediciones y los indicadores de la gestión sostenible de los suelos, con una validación nacional que tome en cuenta las diferencias entre los distintos sistemas de producción y ecosistemas.

Los cinco pilares de la acción de la Alianza pretenden contribuir al esfuerzo por lograr “un mundo con una degradación neutra del suelo en el contexto del desarrollo sostenible”, acordado en el documento final de Río+20, así como al reto del hambre cero” propuesto por las Naciones Unidas. La gestión sostenible de los recursos del suelo contribuye directa e indirectamente a los tres convenios de Río (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Convenio sobre la Diversidad Biológica y Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación) en lo que atañe a la gestión sostenible de los suelos, su fertilidad y productividad, los flujos de carbono en el suelo y la diversidad biológica de los suelos. Para lograr lo anterior será necesaria la participación activa de otras instituciones y organizaciones **(5)**.

3.2. En Europa

En Europa, los momentos del inicio de la preocupación por el recurso suelo más significativos, ordenados también cronológicamente, según Montanarella (2006) son:

- 1907 Creación del Servicio de Conservación de Suelos en Islandia
- 1956 Ley de Protección del Suelo en Checoslovaquia
- 1983 Ley sobre Emplazamiento de Suelos Contaminados en Dinamarca
- 1987 Ley de Protección del Suelo en Holanda
- 1989 Ley de Protección del Suelo en Italia
- 1993 Política Nacional de Saneamiento y Limpieza de Suelos en Francia
- 1997 Programa Nacional de Medio Ambiente en Hungría
- 1998 Ley Federal para la Protección del Suelo en Alemania
- 2004 Plan de Acción sobre el Suelo para Inglaterra y Gales

A continuación se citan los momentos decisivos de la protección del suelo en la UE:

- 1972 Carta Europea del Suelo
- 1996 Oficina Europea del Suelo (ESB)
- 1998 Workshop “Políticas de Protección del Suelo en la UE”, Bonn, Alemania
- 2002 Comunicación “Hacia una Estrategia Temática para la Protección del Suelo” [COM(2002) 179 final]
- 2003 Revisión de la Carta Europea para la Protección y Manejo Sostenible del Suelo [COM(2006) 231]
- 2004 Informes de los Grupos Técnicos de Trabajo de la Estrategia Temática para la Protección del Suelo [EUR 21319]
- 2005 Ampliación del período de consultas con las partes interesadas
- 2006 Estrategia Temática para la Protección del Suelo en la Unión Europea [COM(2006) 231]. Propuesta de Directiva marco, [COM(2006) 232] **(6)**. 2010 Bloqueo de algunos países al avance de la Directiva Marco del Suelo
- 2012 Informe de referencia "The State of Soil in Europe", publicado por el Joint Research Centre de la CE en colaboración con la Agencia Europea de Medio Ambiente.
- 2014 El 30 de abril, la CE retira la propuesta de Directiva Marco sobre el Suelo (OJC 153 de 21 de mayo de 2014).
- 2014 Mayo. VII Programa de Acción General Comunitaria en materia de Medio Ambiente. Reconociendo que la degradación del suelo en la UE es un reto pendiente.

3.3. En España

En España, al igual que en muchos Estados Miembros de la UE, no existe una reglamentación específica para la protección del suelo. Estas se suelen limitar a Directivas y normativas europeas relacionadas (legislación comunitaria, estatal y autonómica) y a la legislación orientada, principalmente, a suelos contaminados (Ley 10/1998; Real Decreto 9/2005).

Para el caso de la Región de Murcia tenemos:

- El Decreto Legislativo 1/2005, de 10 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Suelo de la Región de Murcia, y
- La ley 13/2015, de 30 de marzo, de ordenación territorial y urbanística de la Región de Murcia.

4. Estudios sobre sellado de suelos

Las publicaciones sobre sellado del suelo son relativamente recientes debido al hecho de que el proceso se ha acentuado en las últimas décadas. Diferentes son los estudios relacionados, en sentido amplio, con el proceso urbanístico. Wang et al. en el año 2012 hicieron un estudio bibliométrico analizando el periodo de 1991 a 2009 con una búsqueda bibliográfica realizada mediante las bases de datos Science Citation Index (SCI) y Ciencias Sociales Citation Index (SSCI). El término de búsqueda fue "urbani", lo que incluía “urbanisation”, “urbanization”, “urbanizing” y “urbanized”, y el número de publicaciones encontradas fue muy elevado, ascendiendo a 14.338 trabajos. Es de destacar cómo la cantidad de artículos se incrementa notablemente en los últimos años, habiéndose contabilizado más de 1.100 publicaciones entre 2008 y 2009. En la figura 1.6 se muestra la localización espacial de autores que han tratado el tema de la urbanización. Este estudio revela los resultados científicos, las categorías temáticas, las revistas principales, la distribución geográfica y las tendencias temporales. No obstante, hay que mencionar que esta revisión bibliografía se ocupa de todos los aspectos de la urbanización de manera global y no sólo de los relacionados con el sellado antropogénico del suelo, que es el que nos ocupa en esta tesis.

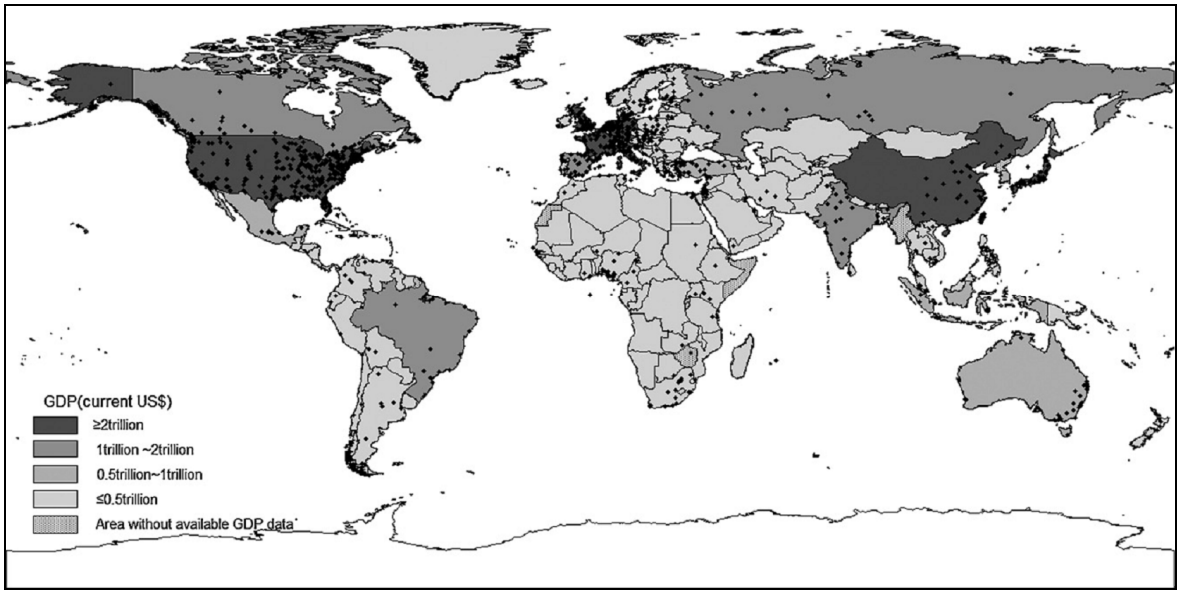


Figura 1.6. Distribución espacial de autores con publicaciones relacionadas con urbanización en 2009. Fuente: Wang et al., 2012.

Como aspectos reseñables de la investigación de Wang et al. (2012) caben destacar los siguientes: (i) las disciplinas que publicaron mas documentos relacionados con la urbanización fueron las ciencias ambientales (Ecología, Geografía y Estudios urbanos); (ii) USA es el país con mayor número de estudios; y (iii) las investigaciones estaban muy

correlacionadas con la tasa de urbanización, aunque había diferentes patrones y procesos subyacentes en diferentes países.

Para esta tesis, como es lógico, se ha realizado también una búsqueda bibliográfica y se han seleccionado aquellos trabajos que hemos considerado más significativos, tanto a nivel internacional como nacional, y que han tratado específicamente el sellado del suelo. Somos conscientes de que faltan muchos trabajos, pero consideramos que la muestra puede ser representativa. En las tablas 1 y 2 del anexo se han recogido todas estas publicaciones, indicando el país, área de estudio, tema principal tratado y autores, tanto a escala internacional (Tabla 1) como nacional (Tabla 2).

4.1. Estudios sobre sellado de suelo a nivel internacional

Como ya se ha indicado, los estudios sobre sellado del suelo son bastante recientes, y así lo demuestran las publicaciones encontradas. Las más antiguas datan de 1997 (Effland & Pouyat; García Alvarado y Verheve), pero las principales investigaciones se desarrollan ya a partir del siglo XXI. Los años 2011 y 2013 son en los que más publicaciones se han realizado, aunque parecen descender en los últimos años (Figura 1.7).

En número de publicaciones destacan los trabajos para Europa o la Unión Europea, y por países China, Italia, Alemania, Reino Unido y USA son en los que más se ha investigado esta temática.

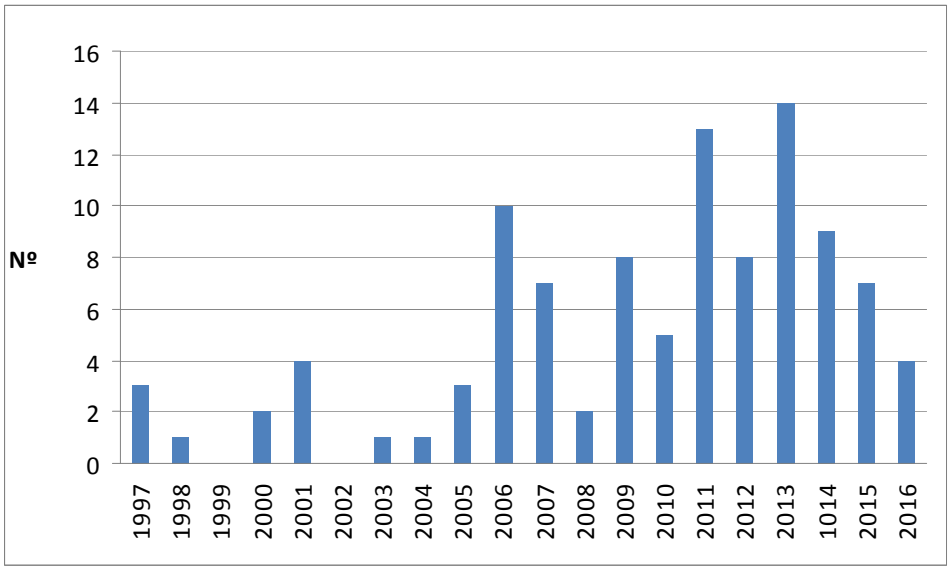


Figura 1.7. Publicación relacionadas con sellado de suelo en el Mundo por años.
Fuente: elaboración propia

4.1.1. Temas de investigación a nivel internacional

Desde un punto de vista institucional, a nivel mundial, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización de las Naciones para el Medio Ambiente (UNESCO), han desarrollado estudios como la "*Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*" (FAO-PNUMA-UNESCO, 1980). Del interés de los organismos internacionales, surgen los trabajos encaminados al análisis y consecuencias de la degradación de los suelos, siendo el sellado uno de los aspectos más significativos y más concretos de las investigaciones, como el proyecto GLASOD, elaborando un Mapa mundial del estado de la degradación del suelo inducida por el hombre, el "*World map of the status of human-induced soil degradation*" (Oldeman et al., 1991). Se puede considerar que la voz de alarma en los cambios que se estaban dando en la comunidad europea comenzó en el año 1998 con el "Proyecto Lacoast", en donde se analizan los cambios en las coberturas del suelo en las costas europeas y la utilización de imágenes de satélite como fuente de información (Ezquerra et al., 1998).

En la Unión Europea como institución, los estudios más representativos van encaminados al análisis, valoración y establecimiento de procedimientos en los indicadores de sellado de suelos (EEA, 2002). En el año 2004 Blum et al., (2004), analizan la necesidad de realizar mayores investigaciones en apoyo de la estrategia temática europea para la protección del suelo, algo que se empieza a materializar en el "*Soil Atlas of Europe"* (Jones et al., 2005), y dentro del marco más general de los países comunitarios, "*La Estrategia Temática del Suelo de la Comisión Europea de 2006*", donde se abordan estudios sobre las funciones del suelo dentro del marco de la Unión europea (EEA, 2006), y se proponen medidas para revertir las tendencias negativas de la degradacicón (Montanarella y Toth, 2008).

Posteriormente en el año 2012, se establecen Directrices sobre mejores prácticas para mitigar o compensar el sellado de suelo (EC, 2012), comenzándose a observar las variaciones de temperatura ambiental según el tipo de superficie selladora (Global Soil Forum, 2013). Se analizan las superficies artificiales en Europa entre los periodos de 1990 a 2006, y se elabora un mapa de los cambios sufridos (Feranec y Soukup, 2013), en donde se evidencia el aumento significativo de áreas artificiales en la parte este de Irlanda, occidental de los Países Bajos, sur de Francia, norte de Italia, centro y este de España, Albania occidental o regiones del norte de Hungría.

Respecto a la temática de las investigaciones, relacionadas con el sellado del suelo a nivel internacional es muy variada, pero la hemos concentrado en los siguientes temas:

(1) Evolución de las superficies urbanizadas
(2) Urbanismo expansivo o "Urban sprawl"
(3) Métodos de identificación el sellado: imágenes de satélite
(4) Métodos de identificación del sellado: fotografías aéreas
(5) Cartografía del sellado
(6) Definiciones de sellado y tipología
(7) Índices e indicadores de sellado de suelo
(8) Consecuencias: aumento de las escorrentías y las inundaciones
(9) Consecuencias: ecológicas y pérdida de biodiversidad
(10) Consecuencias: pérdida de carbono de los suelos
(11) Consecuencias: incremento de la temperatura del suelo
(12) Consecuencias: contaminación
(13) Consecuencias: disminución de recursos y seguridad alimentaria
(14) Consecuencias: conflictos entre sectores urbanos y agrícolas, y otros
(15) Consecuencias: impactos en el clima
(16) Consecuencias: desertificación
(17) Consecuencias: cambios paisajísticos
(18) Políticas y gestión
(19) Alternativas para mitigar el sellado
(20) Modelización y simulación de escenarios futuros

(1) La evolución de las superficies urbanizadas es uno de los temas de investigación más tratados. En 2001, López et al., analizan los cambios de uso que se han producido en la ciudad de Morelia (México); en 2006, Nestroy evalúa el sellado en Austria; en 2007 Crespí et al. analizan cómo ha evolucionado el sellado, tanto a escala nacional como europea; en 2009 Deng et al. Analizan la evolución espacio-temporal del sellado en Hangzhou (China); en 2010 Munafo et al. estiman los cambios en el sellado del suelo entre los años 1949-2006 en el área metropolitana de Roma (Italia); en 2011 Shiliang et al. abordan la dinámica espacio-temporal de los paisajes agrícolas en la región de Hnag-Jia-Hu (China); en 2012 Jones, muestra el estado del suelo en Europa, mientras que Rabia estudia la evolución del sellado y expansión urbana en el periodo 1984-2008 en la ciudad de Wukro (Etiopia); en 2013 son varios los estudios que analizan la evolución de las superficies urbanizadas, como Chen et al., en China; Estoque & Murayama y Xiao et al. en Baquio y Hangzhou respectivamente (China); Feranec y Soukup, y el Global Soil Forum en Europa; finalmente en 2015 la EEA suministra datos de suelos sellados a nivel

de Europa, y FAO nos muestra el estado y las tendencias del sellado del suelo también en Europa.

(2) El urbanismo expansivo o "Urban sprawl", de manera específica, es tratado principalmente por Hasse (2007) y la EEA (2006) en los países de la Comunidad Europea; Arribas et al. (2011) en las principales ciudades de Europa; y Baus et al. (2014) en Bratislava (Eslovaquia).

(3) Uno de los métodos más habituales para la identificación el sellado es la utilización de imágenes de satélite. Numerosos autores han aplicado esta técnica entre los que cabe citar por orden cronológico a: Netzband y Meinel, 1998; Fazal, 2000; Weng, 2001; Raymaekers et al., 2005; Kampouraki et al., 2006; Hasse, 2007; Deng et al. 2009; Escudero et al., 2010; Rabia, 2012b; Villa et al., 2012; Estoque y Murayama, 2013; Scott et al., 2014. Respecto a los sensores más utilizados para este tipo de trabajos son los de resolución espacial y espectral media (satélites Landsat, Spot, Aster, EO, etc.), los de alta resolución temporal (satélites Modis, NOAA, etc.) y los sensores con rádar (Envisat, ERS, etc) (Sulzer y Kem, 2009).

(4) La fotointerpretación es también otra herramienta imprescindible para el análisis del sellado de suelos. Son de citar, entre otros, los trabajos realizados con esta técnica por: Baus et al., 2014; Fazal, 2000; Hasse, 2007; Scott et al., 2014; Van Estvelde y Antrop, 2004. Como indican varios autores, las ortofotos, que son trabajadas a través de SIG, son muy útiles para identificar y medir las áreas selladas en entornos urbanos.

(5) Otros investigadores se han centrado en la elaboración de diferentes cartografías de sellado a nivel europeo, como la creada por la CE (2005), o el mapa de Escudero et al. (2010), elaborado dentro del proyecto GMES (Global Monitoring for Environment and Security). Villa et al. (2012) confeccionan una cartografía multi-temporal para Milán (Italia), y Sulzer y Kem (2009) crean unos mapas de sellado muy particulares, de utilidad para la construcción y renovación del alcantarillado en las ciudades.

(6) Algunos autores se han preocupado de las definiciones de sellado y su tipología. Effland y Pouyat (1997) definen el concepto de suelo en ambientes rurales y urbanos. Scalenghe et al. (2009), definen el sellado de los suelos como la cobertura de los mismos por materiales impermeables, siendo, normalmente, perjudicial para sus funciones ecológicas. Y Burghardt (2006) da varias definiciones de suelo y establece cuatro grados de sellado según el porcentaje de área cubierta por material impermeable: (1) sellado

superficial total por carreteras, metales y edificios; (2) sellado parcial de la superficie del suelo mediante pavimentos, adoquines y pavimentos de hormigón; (3) sellado de aparcamientos subterráneos cubiertos por una capa de suelo y (4) sellado vertical por paredes expuestas por la construcción en el suelo.

(7) La primera vez que se habla de indicadores de sellado de suelo lo hace la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, 2001). Posteriormente Arribas et al. en 2011 elaboran unos índices de medida, y Artmann en 2013 crea otros indicadores que aplica en dos ciudades alemanas (Leipzig y Munich). Todos coinciden en la necesidad de desarrollar indicadores válidos que evalúen la eficacia de las estrategias a implantar.

(8) Uno de los impactos más importantes del sellado del suelo son los cambios en los sistemas hidrológicos (Jacobson, 2011), teniendo como resultado una mayor escorrentía de aguas pluviales, al impedirse la infiltración por el sellado. Por ello, los efectos más investigados del sellado del suelo suelen ser las inundaciones, como ocurrió en Austria en 2005 (Nestroy, 2006) y en Baviera (Alemania) en junio de 2013 (Artmann, 2013b). Estas publicaciones, llegaron a la conclusión de que el sellado de los suelos aumentó el efecto de las precipitaciones, ampliando su impacto a lugares distantes, debido a que el agua de la lluvia, encuentra camino erosionando y adquiriendo una velocidad, fuerza y energía cada vez mayor.

Una modalidad también analizada por algunos investigadores, son los efectos de las precipitaciones y la escorrentía superficial con modelos informáticos, tal es el caso de Los Ángeles (Chile), donde se analizó el cambio de uso del suelo y la escorrentía superficial a través de simulaciones. Estos ensayos experimentales demostraron que la magnitud e irreversibilidad del proceso urbanizador afecta, no solo el aumento de la escorrentía superficial, sino también a otros aspectos ambientales como pérdida de suelo agrícola, fragmentación del paisaje y cambio en las temperaturas superficiales.
Los eventos de precipitación extrema en breve plazo, producen violentos desbordamientos de ríos que destruyen viviendas, infraestructuras e incluso vidas humanas (Henríquez et al., 2006). Autores como Baartman et al. (2013) analizan por medio de simulaciones los efectos de las precipitaciones torrenciales, escorrentías y evolución del paisaje. Barrón et al. (2011) en el estudio de una cuenca al oeste de Australia, comentan como la urbanización disminuye la infiltración e incrementa las escorrentías y el riesgo de inundaciones. Burghardt (2009a,b) estima los efectos medioambientales del sellado, indicando que se disminuye la disponibilidad de regulación

del ciclo del agua. Ferraz Young (2013) en Sao Paulo (Brasil) simula inundaciones en áreas selladas. Y Lepeska (2016), Netzband y Meinel (1998), Nizeyimana et al. (2001), o Pistocchi et al. (2015) también mencionan las inundaciones como uno de los principales impactos hidrológicos.

(9) Resulta también evidente, que si la capa superior del suelo desaparece por sellado (Blum, 2009), existan consecuencias ecológicas en los suelos (Chen, 2007), pérdida de biodiversidad (Malucelli et al., 2014), de las funciones del suelo (EEA, 2010) y efectos medioambientales (Burghardt, 2009b).

(10) Otra consecuencia importante que lleva consigo el sellado es la pérdida de almacenamiento de carbono de los suelos, que es precisamente un elemento importante de lucha contra el cambio climático. En este sentido Powlson et al. (2011) indican como el suelo es la gran reserva de C en la biosfera y su disminución puede hacer empeorar los efectos del cambio climático. Por otra parte, Malucelli et al. (2014) estiman, entre otras cosas, el valor de las pérdidas en recursos de materia prima y sumidero de C en el periodo 2003-2008 en la Región de Emilia-Romagna (Italia) y sus consecuencias negativas a varias escalas.

(11) Efecto evidente del sellado es también el aumento de las temperaturas de la superficie del suelo y de las zonas colindantes, como queda demostrado en los diversos estudios realizados sobre las consecuencias del sellado por urbanización. Al sustituir las superficies naturales (zonas verdes con vegetación) por otras artificiales (asfalto, u otros materiales), aumenta la temperatura de la superficie de la tierra en esas zonas, hecho que comprobó Dos Santos et al. (2013), en Recife (Brasil). A la misma conclusión llegan Morabito et al. (2016), en las áreas urbanas italianas; Tang Chao-Sheng (2011) en Nanjing (China); y Dugord et al. (2014) en Berlín (Alemania).

(12) El sellado de suelos produce cambios en algunas propiedades del suelo y en el contenido de concentraciones de metales, tales como Pb, Zn, y Cu, modificando el pH de los suelos (especialmente debido al plomo) según analizan Biasoli et al. (2006). Los suelos también interceptan contaminantes tales como pesticidas y otras sustancias tóxicas (por ejemplo, metales pesados) generados a través de las actividades humanas (Sun Xiao-Lin et al., 2013). Además de la contaminación de suelos tanto urbanizados como anexos, la urbanización produce numerosos cambios en los entornos naturales a los que sustituye. En opinión de Chen (2007), la rápida urbanización en China puede ser un verdadero reto para la protección del suelo y la seguridad alimentaria derivada del

riesgo de contaminación del suelo, a través de la eliminación de residuos y la deposición ácida derivada de la contaminación del aire urbano.

(13) La mayoría de las ciudades o núcleos urbanos se ubican en el epicentro de una fuente de riqueza, normalmente de un recurso primario, y en la mayoría de ciudades, de suelos dotados para la agricultura. De ahí que el crecimiento de un núcleo urbano, utilice los suelos aledaños a su núcleo central u originario y, por lo tanto, tenga necesidad de consumir o sellar con construcciones grandes extensiones de suelo agrícola. Este patrón que se puede constatar en muchas de las ciudades actuales, pero uno de los mejores ejemplos se localiza en los países en vías de desarrollo económico o incorporados recientemente a ese estatus, como en el caso de la India. Fazal (2000), nos plantea la expansión urbana y pérdida de tierras agrícolas en la ciudad de Saharanpur entre 1988 y 1998 y la pérdida de la producción agrícola por motivos de esa expansión urbana. En la misma línea, Shiliang et al. (2011), analizan la transformación de los paisajes agrícolas debido a la expansión urbana como un peligro y amenaza para la sostenibilidad en la región Hang-Jia-Hu (China). Xiao et al. (2013), estudian también el rápido crecimiento demográfico, desarrollo económico y colonización de los asentamientos de 1994 a 2009, alrededor de la bahía de Hangzhou, en los que la urbanización expansiva dio lugar a una importante superficie de suelo sellada. En el conjunto de la región, el porcentaje de suelos sellados aumentó de 2,7% en 1994 a 4,7% en 2003 y a 8,7% en 2009. Los suelos dedicados a plantaciones de arroz, especialmente los de mayor calidad, fueron las primeras víctimas. También en China, Li et al. (2015) y Zhang et al. (2007) indican como la expansión urbana puede producir la disminución de recursos y la inseguridad alimentaria. En Argentina, Morello et al. (2000), analizan la urbanización y el consumo de tierras fértiles asociados a cambios ecológicos, en la ciudad de Buenos Aires. Los estudios en ciudades ya desarrolladas, suelen estar más encaminados al control del consumo de suelo de alta calidad, impulsado por la presión urbana en una ciudad que siempre se encuentra en continuo crecimiento, como es el caso de la ciudad de Roma en Italia (Salvati, 2013).

(14) Por otra parte, según Pavón et al. (2003), por la creciente demanda de áreas urbanas se pueden generan conflictos entre sectores urbanos y agrícolas. Buhaug y Ural (2013), aprecian una posible fuente de conflictos sociales dentro de las propias ciudades, debido a este crecimiento demográfico y expansión urbanística descontrolada.

(15) Los efectos en el clima son también evidentes. Junto a lo ya indicado de la disminución de C en el suelo (Powlson et al., 2011) y el aumento de la temperatura en el

suelo, hay que mencionar el aumento de la temperatura ambiental por el calor acumulado de los edificios (Grimm et al., 2008). Gardi et al. (2007), manifiestan también que el incremento de las áreas urbanas ocurrido entre 1881 y 2003 fue del 535%, causando en promedio una reducción del 0,1% al año de la energía solar disipada por la evapotranspiración y el consiguiente aumento de sensación de calor. Todas estas alteraciones pueden llegar a cambiar el clima como pronostica Lamptey et al. (2005), en un análisis del clima en el Noreste de los Estados Unidos.

(16) Teniendo en cuenta que la desertificación es la degradación de los suelos, el sellado constituye un proceso de degradación, que prácticamente los destruye. En esta línea Montanarella y Toth (2008), y Enne et al. (2009) consideran al sellado como una causa de la desertificación.

(17) Una consecuencia más del sellado del suelo son los cambios paisajísticos que este puede llegar a producir. Rubio y Recatalá (2006) y Detsis (2010) hablan de desaparición de paisajes tradicionales por sellado; Malucelli et al. (2014) de pérdida del patrimonio cultural; Weng (2007) y Deng et al. (2009) de cambios espacio-temporales del paisaje en respuesta a la urbanización; y Shiliang et al. (2011) de cómo los paisajes agrícolas se perdieron, fragmentaron, transformaron y aislaron, a medida que se intensificaba la urbanización.

(18) Para intentar atajar los problemas que ocasiona el sellado del suelo son varios los investigadores que demandan políticas de gestión eficaces (Rabia, 2012a; Cerreta y del Toro, 2012; Artmann, 2014a). Se establecen recomendaciones de adopción de medidas o se crea información geo-espacial para elaborar políticas a nivel de Europa (EC, 2006 y 2012; EEA, 2011). Un trabajo interesante a este respecto es el de Rabia (2012a) en el que se plantea la si realmente se necesitan más leyes, considerando que las leyes no impiden el crecimiento de las superficies urbanizadas, poniendo como ejemplo a Egipto, quien tiene la superficie más baja de tierras agrícolas por persona en África. Las tierras agrícolas ocupan un total aproximado de 3,5 millones de ha, en este país alrededor del 3,5% de su área total en 2007. La invasión urbana sobre tierras agrícolas productivas es común, y denominada como "desertificación urbana", las políticas gubernamentales no consiguen hacer reducir esta expansión. Las tasas de incremento del área de vivienda oscilaron entre 5,3 y 30,8% en los lugares estudiados. Al parecer Egipto sí que posee leyes contra el sellado del suelo, pero no las ejecuta con la contundencia necesaria.

(19) Otros autores proponen alternativas para mitigar el sellado. Tal es el caso de Verheye, que ya en 1997, al analizar la planificación y políticas nacionales del suelo, defiende para cada país una política distinta por poseer unas condiciones diferentes según su modelo de economía y sociedad (agrícola, ganadera, industrial, turística, etc.). De esta forma propone un conjunto de directrices, destinadas a garantizar una utilización sostenible de la tierra, ya sea agrícola o no, intentando limitar los daños directos o indirectos para el medio ambiente. Montanarella y Toth (2008) en la elaboración de la Estrategia Temática del Suelo de la Unión Europea, proponen medidas adecuadas para revertir las tendencias negativas de la degradación. Prokop et al. (2011) indican que la mejor práctica es limitar la expansión urbana y que sólo cuando las medidas de mitigación "in situ" sean insuficientes, deberían considerarse las medidas de compensación que mejoren las funciones del suelo en otras partes. Por otra parte, Guillaume et al. (2015) proponen una curiosa alternativa para mitigar los efectos ecológicos del sellado, como es la creación de fachadas y tejados vegetalizados.

(20) Finalmente son varios los investigadores que se han ocupado de modelizar el proceso del sellado. Weng (2001) modeló los efectos del crecimiento urbano en la escorrentía en el delta del río Zhujiang (Sur de China) y Ungaro et al. (2014) lo hizo en la llanura de Emila-Romagna (Italia). Otros autores han simulado escenarios futuros de sellado, tal es el caso de López et al. (2011) en la ciudad de Morelia (México) en la que simuló el crecimiento de la ciudad para el horizonte próximo de 20 años; o Vanderhaegen et al. (2015) quienes llevaron a cabo una modelización de alta resolución y un pronóstico de la densidad de sellado a escala regional en el eje Bruselas-Bélgica.

4.2. Estudios sobre sellado de suelo en España

En España, como es lógico, el número de investigaciones que se han centrado en el sellado del suelo es mucho menor, y según nuestra búsqueda bibliográfica, se iniciaron en la primera década del siglo XXI. Destaca 2011 como el año con mayor publicaciones, pero como se observa en la figura 1.8, en general, las investigaciones sobre sellado de suelo son escasas.

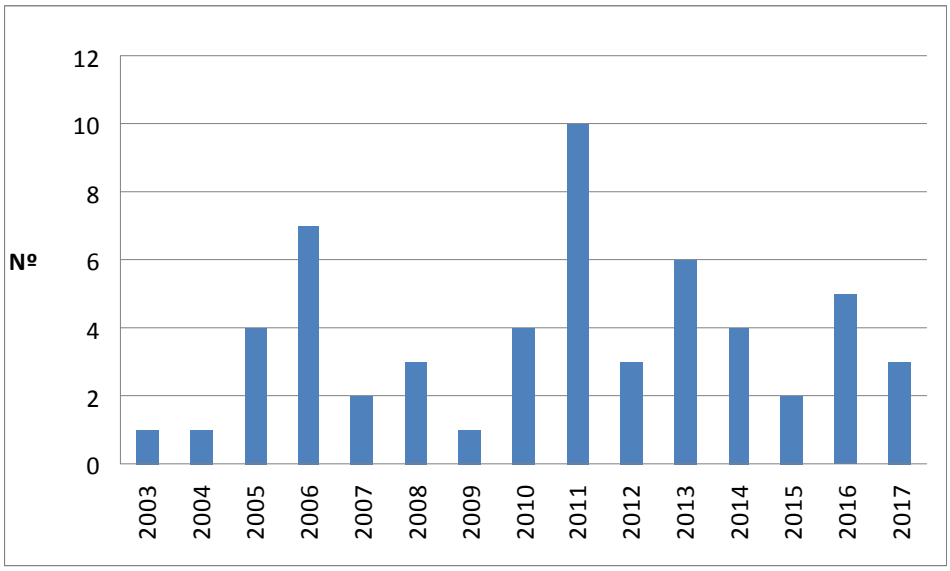


Figura 1.8. Publicaciones relacionadas con sellado de suelos en España por años.
Fuente: Elaboración propia

Espacialmente, las áreas más estudiadas corresponden a la ciudad de Madrid y sus alrededores, y a las litorales del Mediterráneo, junto con un trabajo realizado en la Isla de Tenerife (Figura 1.9). No es aleatorio que los estudios se hayan llevado a cabo en estos ámbitos, ya que, evidentemente, se trata de las más afectadas por este proceso. No obstante hay que mencionar que, en los últimos años, el sellado de suelo lo podemos encontrar en casi todas las grandes poblaciones de España.

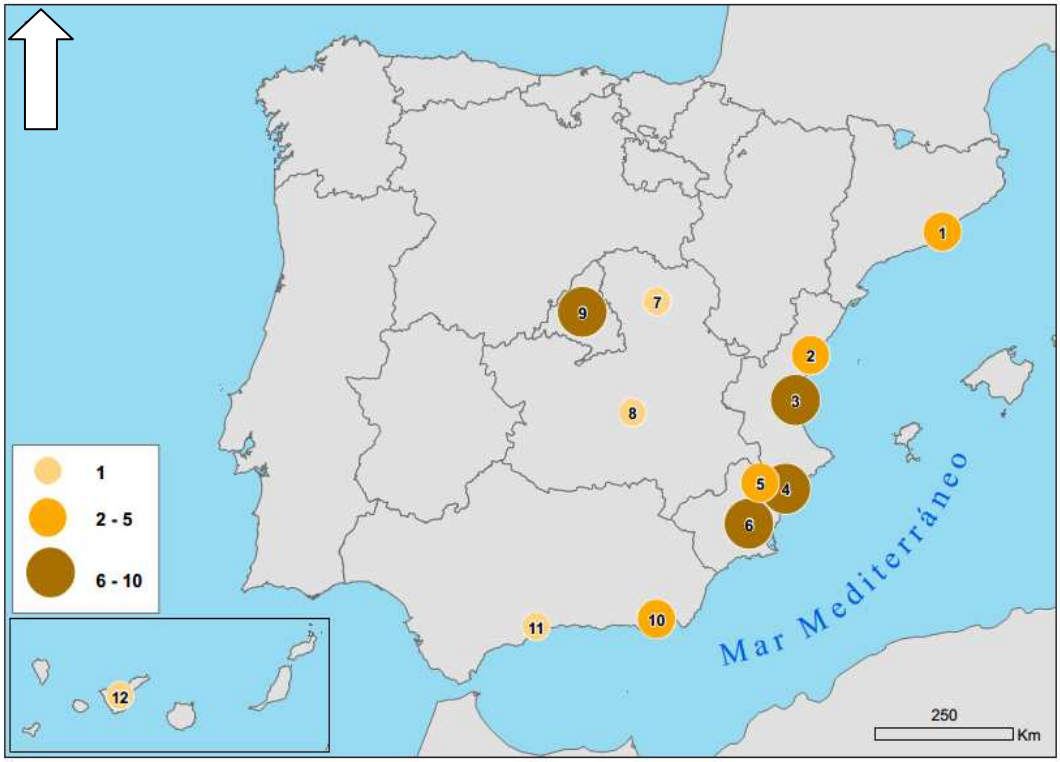


Figura 1.9. Localización espacial y número de publicaciones realizadas en España sobre sellado de suelos: Fuente: elaboración propia.

Nota: la leyenda significa número de publicaciones. Los números interiores se corresponden con las áreas estudiadas: 1= Barcelona; 2=Castellón; 3= Valencia; 4= Alicante; 5= Elche; 6= Región de Murcia; 7= Guadalajara; 8= Castilla-La Mancha; 9= Madrid; 10= Costa de Andalucía; 11= Málaga; y 12= Isla de Tenerife.

Existen dos equipos de investigación españoles, que desde hace algunos años vienen analizando el sellado del suelo, con un número elevado de trabajos. Uno de ellos es el constituido en la Universidad Complutense de Madrid por García Alvarado, García Rodríguez y Pérez González, que han analizado, principalmente, el sellado de suelos de la Comunidad de Madrid; y el segundo grupo, que de manera institucional se localiza en el CIDE (CSIC de Valencia), integrado por Año Vidal, Pascual Aguilar, Pérez Hoyos, Sánchez Díaz y Valera Lozano, y que han estudiado el sellado de las grandes poblaciones de la Comunidad Valenciana.

En la Comunidad de Madrid, también han estudiado el sellado Barbero Sierra, Marques, Ruíz Pérez, De Tomás, Salas, Santos, Garzón, Moreno. En Barcelona, Catalán, Sauri y Serra. En la Comunidad valenciana, Fernández Gimeno, López García, Membrado Tena, Navarro Pedreño, Meléndez Pastor y Gómez Lucas. En la Comunidad de Andalucía, Ruíz Sinoga, Ojeda Zújar, Villar Lama y Moreira Madueño. En la Isla de Tenerife, Mejías Vera. Y finalmente en la Región de Murcia, Do Campo, Caballero Pedraza, Romero Díaz y Pérez Morales, pertenecientes a la Universidad de Murcia, que han trabajado el Campo

de Cartagena-Mar Menor; y Jiménez Medina, Peñalver Martínez, Peñas Castejón y Maciá Sánchez, de la UPCT de Cartagena, que han realizado un trabajo en el municipio de Los Alcázares.

4.2.1. Temas de investigación en España

A nivel institucional, son de destacar los estudios del Ministerio de Medio Ambiente que en su Perfil ambiental de España, dedicado a los suelos, concluye que los cambios producidos en la ocupación del suelo entre los años 2000 y 2006 son en parte consecuencia del desarrollo económico y social vivido en España en este periodo. Los datos aportados por el Corine Land Cover (CLC) en 2006 muestran y avalan como en España, y por extensión, en el conjunto de las Comunidades y Ciudades Autónomas, se produjo un aumento significativo de las superficies artificiales. Este incremento, queda muy patente en la costa, en la que se registró un incremento del 11% en una franja costera de 10 km y de un 8% en la franja de 1 km. Por su parte, el OSE (Observatorio de la sostenibilidad en España) Ministerio de Fomento (2006), registraba los cambios en la ocupación del suelo en España, exponiendo las implicaciones que tiene para la sostenibilidad.

En un estudio realizado por Francisco Gomaríz (inedito), partiendo de la superficie cartografiada en el proyecto de Ecocartografía del MAAMA para 2008, evaluó, mediante fotointerpretación, la franja costera de 150 metros desde la línea de costa de todo el Mar Menor más la totalidad de la Manga del Mar Menor (incluyendo la fachada del Mediterráneo) (Figura 1.10). Los resultados mostraron una superficie urbanizada en 1956 de 127,74 ha; en 1981 de 386,30 ha; y en 2010 de 717, 8 ha. Tomando como base el año 1956, el incremento de las superficies urbanizadas fue del 198% en 1981 y del 449% en 2010.

Respecto a los temas de investigación relacionados con el sellado de suelos en España son, en su gran mayoría, los mismos que se han estudiado en otros países. No obstante, hay que mencionar cómo algunas temáticas en España todavía no se han considerado específicamente. Estas son: algunas de las consecuencias de sellado (disminución de recursos y seguridad alimentaria; pérdida de carbono de los suelos; incremento de la temperatura del suelo; contaminación; conflictos entre sectores urbanos y agrícolas; e impactos en el clima), las alternativas para mitigar el sellado, y la modelización y simulación de escenarios futuros. Por otro lado, es de citar una investigación con una temática novedosa, que relaciona el sellado y los sitios arqueológicos.

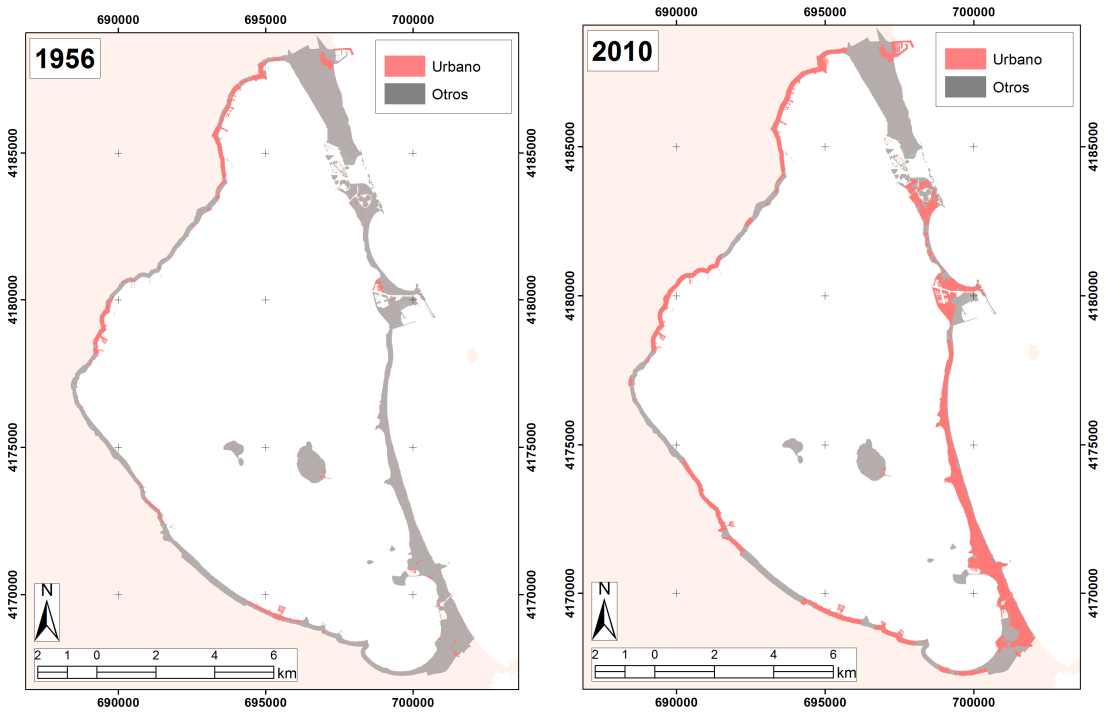


Figura 1.10. Superficie urbanizada en franja costera de 150 metros de las riberas del Mar Menor (1956-2010). Fuente: Gomaríz Castillo (inédito)

La clasificación temática realizada para España es la siguiente:

(1) Evolución de las superficies urbanizadas

(2) Urbanismo expansivo o "Urban sprawl"

(3) Métodos de identificación el sellado: imágenes de satélite

(4) Métodos de identificación del sellado: fotografías aéreas

(5) Cartografía del sellado

(6) Definiciones de sellado y tipología

(7) Índices e indicadores de sellado de suelo

(8) Consecuencias: aumento de las escorrentías y las inundaciones

(9) Consecuencias: ecológicas y pérdida de biodiversidad

(10) Consecuencias: cambios paisajísticos

(11) Consecuencias: desertificación

(12) Consecuencias: sellado y sitios arqueológicos

(13) Políticas y gestión

(1) Como también ocurría a nivel internacional, la evolución de las superficies urbanizadas es el tema más tratado y la mayoría de los autores lo han analizado, tanto en la Comunidad de Madrid (García Rodríguez y Pérez González, 2007, 2014, 2015, 2016a,b; García Rodríguez et al., 2014; Plata et al., 2009; De tomas et al., 2010); como en la Comunidad valenciana (Año Vidal et al., 2005; Pascual et al.,2003, 2004,

2005a,b,2006; Valera Lozano et al., 2006, 2011a,b,c,d,e, 13a,v; Pérez-Hoyos et al., 2006; Navarro Pedreño et al., 2012); la Comunidad andaluza (Villar Lama y Ojeda Zujar, 2006, Villar Lama, 2011); y en la Comunidad de Murcia (Do Campo, 2011; Romero Díaz et al. 2011, 2017; y Fernández-Gimeno y López-García, 2015).

(2) De manera específica el urbanismo expansivo o "Urban sprawl" es citado en las investigaciones regionales de Aguilar et al., 2006; Catalán et al., 2008; Membrado Tena, 2011; Ruíz Sinoga et al., 2011; Moreira Madueño, 2012; Jiménez Medina et al., 2013; y Mejías Vera, 2013. Y Rullán Salamanca (2012) habla de urbanismo expansivo referido a toda España.

(3) Los métodos de identificación del sellado son los mismos que se han utilizado a nivel internacional. Referidos al uso de las imágenes de satélite conviene señalar las siguientes. De Tomas et al. (2010) que evalúan la utilización de las técnicas espectrales Análisis Lineal de Mezclas Espectrales (ALME) y Sequential Maximum Angle Convex Cone (SMACC) sobre una imagen multiespectral SPOT-5, correspondiente al sector nororiental del municipio de Madrid. Fernández-Gimeno y López-García (2015) analizan la evolución de la cobertura artificial en el área metropolitana de Valencia (AMV) en el periodo 1984-2011 a partir de imágenes Landsat TM y ETM+, validadas a partir de datos SIOSE de mayor resolución espacial. Y en la mayoría de los numerosos trabajos de García Rodríguez & Pérez González (2005, 2007, 2010, 2011, 2014, 2016a); Pérez González y García Rodríguez, (2013a); y García Rodríguez et al. (2014a,b), las imágenes más usadas son de los satélites Landsat (TM y ETM+), NOAA (AVHRR) y Spot. En opinión de Pérez González y García Rodríguez (2013a) la teledetección es una gran herramienta para analizar la evolución del sellado y cuantificar su extensión. Para áreas muy concretas se pueden emplear satélites de alta resolución espacial, como Quick bird o Ikonos, pero para hacer estudios a escala municipal o regional son más adecuados los satélites de resolución espacial media como Irs, Spot o Landsat. Para detectar los suelos sellados es conveniente utilizar combinaciones de bandas que incluyan canales visibles e infrarrojos próximos o medios.

(4) La fotointerpretación de ortofotos han sido usadas por Año Vidal et al. (2005) en la provincia de Castellón; Pérez-Hoyos et al. (2006) en el municipio de Sagunto; Ojeda Zújar y Villar Lama (2006) para el estudio del sellado de suelo en todo el litoral de Andalucía; Catalán et al. (2008) en Barcelona; Valera Lozano et al. (2006, 2011a,b, 2013a,b) en Elche y las áreas metropolitana de Valencia y Alicante; Do Campo (2011) y Romero Díaz

et al. (2011, 2017) analizan la evolución del sellado en el Campo de Cartagena-Mar Menor.

(5) Respecto a la cartografía del sellado, es importante mencionar el proyecto SIOSE (2012), en el que se elaboró una cartografía de ocupación del suelo en España, en donde evidentemente están cartografiadas las zonas selladas, que en esta publicación se corresponden con las zonas denominadas artificiales.

(6) Si bien en muchos de los trabajos se incluye alguna definición de sellado de suelo, tan sólo hemos encontrado el de García Alvarado et al. (2014) que tiene por objetivo revisar el concepto de sellado. Estos mismos autores también establecen una propuesta de tipologías de sellado de suelos atendiendo al impacto en el medioambiente: (1) naves y polígonos industriales; (2) grandes centro comerciales; (3) infraestructuras de transportes; (4) superficies asfaltadas; (5) edificaciones compactas; (6) urbanizaciones residenciales abiertas; (7) viviendas unifamiliares o plurifamiliares con amplias zonas verdes y gran parcelario; y (8) calles muy arboladas, bulebares, parque y jardines, campos de golf, cinturones verdes, etc. Por otra parte Valera Lozano et al., 2011c en el estudio que realizan para el municipio de Alicante, establecen tipologías de áreas urbanas según densidad: (1) Densidad Alta, cuando la superficie construida es superior al 80%; y (2) Densidad Baja, cuando es inferior al 80%. Finalmente Romero Díaz et al. (2011, 2017) consideran en su estudios distintos tipos de suelos sellado (urbano, resort, vías de comunicación e invernaderos), aunque no llegan a establecer una clasificación específica. Es la primeva vez que los invernaderos se inscriben como una tipología de sellado y los autores lo justifican por poseer cubiertas impermeables, como son las cubiertas plásticas.

(7) Considerando ahora indicadores de sellado de suelo, Ranalli y Salvati (2015) y Salvati y Carlucci (2016) mediante el uso de técnicas de exploración multidimensional y de análisis espacial, obtienen indicadores de sellado del suelo (porcentaje de suelo permeable, terrenos impermeables per cápita, intensidad de sellado del suelo y diversidad en la intensidad del sellado del suelo) a partir de un mapa del suelo urbano a escala municipal. Todos los indicadores se correlacionaron con la distancia desde el centro de Barcelona.

(8) Una de las consecuencias más importantes del sellado como son las inundaciones han sido tratadas también por varios autores en España. Pérez González y García Rodríguez (2013b, 2016), analizan el sellado de suelo en áreas con riesgo de inundación

la cuenca del río Guadarrama en la Comunidad de Madrid. Aunque la cuenca de Guadarrama tiene un nivel de peligrosidad por inundación relativamente bajo, la presencia de edificaciones en algunos sectores de la llanura de inundación las ha convertido en un tema preocupante, ya que en ocasiones el agua ha alcanzado una altura superior al metro, por lo que en la actualidad existe riesgo alto de inundación en los asentamientos que se han realizado sobre la llanura de inundación. Por otra parte, en el estudio llevado a cabo en el Campo de Cartagena-Mar Menor, Pérez Morales et al. (2016) han puesto de manifiesto cómo el aumento del riesgo de inundación guarda una estrecha relación con el incremento de la superficie sellada y, por tanto, con el de la vulnerabilidad y exposición de la población al peligro de inundación.

(9) Las consecuencias ecológicas del sellado en España han sido analizadas por Naredo y García (2008) en la Comunidad de Madrid, en donde han cuantificado la 'huella' real o efectiva de deterioro ecológico que se produce por la ocupación de suelo por usos urbano-industriales. Estos autores consideran que la huella ecológico-territorial efectiva, medida por la ocupación del suelo, ligada directa o indirectamente al proceso de urbanización, crece a mayor ritmo que la población a lo largo de todo el período estudiado (1956-2005). Por otra parte García y Pérez (2016a), indican algunos efectos de carácter irreversible y negativos en los ecosistemas terrestres, modificando el ciclo bio-geoquímico, los ciclos del agua, la pérdida de biodiversidad, etc., lo que altera los flujos de energía y las funciones ecológicas del suelo debido al desarrollo urbano.

(10) Como es evidente, el sellado del suelo produce cambios en el paisaje. El único trabajo localizado donde se tratan los cambios paisajísticos es el realizado por Caballero Pedraza et al. (2015) donde se analizan los cambios paisajísticos y efectos medioambientales debido a la agricultura intensiva en la Comarca del Campo de Cartagena-Mar Menor, objeto de esta tesis. En concreto los cambios paisajísticos a los que se hace referencia en este estudio son debido a la construcción masiva de invernaderos.

11) En relación con la desertificación, Baños Paez (2010), considera que aunque pueda resultar llamativo plantear que la urbanización produzca o favorezca procesos de desertificación, pueden ocurrir en zonas con determinadas condiciones. Este autor considera que la urbanización desmesurada de amplias zonas del litoral murciano puede favorecer, incluso inducir, procesos de desertificación a medio y largo plazo. Por otro lado, Barbero Sierra et al. (2013) en su estudio titulado "*The case of urban sprawl in Spain as an active and irreversible driving force for desertification*" consideran que la

urbanización expansiva está comenzando a ser el agente más activo de desertificación en España, debido al sellado del suelo y a la pérdida de sus funciones ecológicas.

(12) El impacto del sellado del suelo en sitios arqueológicos, es algo bastante novedoso, que ha sido analizado por primera vez por García Rodríguez y Álvarez García (2017) en un estudio muy reciente. En el estudio llevado a cabo en la ciudad romana de Complutum, situada en la llanura del río Henares (Madrid) en Fluvisoles altamente fértiles y Calcisoles, comentan que una de las funciones esenciales del suelo es también la preservación de los sitios arqueológicos, y que el sellado constituye un impacto importante para ello.

(13) En nuestra revisión no hemos encontrado ningún trabajo específico que trate sobre políticas y gestión del sellado del suelo. No obstante, muchas de las publicaciones consideran que la administraciones correspondientes deben de tener conocimiento de los impactos y consecuencias que supone el sellado del suelo para tratar de establecer una planificación territorial adecuada y leyes necesarias de cumplimiento. Así es el caso del trabajo de Navarro et al. (2012) en el que recomiendan una mejor planificación territorial y medidas para minimizar el impacto en las zonas agrícolas, con la finalidad de garantizar la funcionalidad ambiental del suelo y la producción de alimentos.

5. Justificación del estudio realizado

La comarca del Campo de Cartagena - Mar Menor (CCCMM), se localiza en el sector oriental del la región de Murcia. Comprende los municipios de San Javier, San Pedro del Pinatar, Los Alcázares, Torre-Pacheco, y partes de los municipios de Cartagena y Murcia, donde los núcleos urbanos de la comarca han sufrido el mayor crecimiento y expansión. La elección del área de estudio viene determinada por ser en ella, donde se ha producido uno de los mayores desarrollos, tanto agrícolas, como urbanístico-turístico y económicos de la región de Murcia. Es también en esta área donde se han instalado un número elevado de campos de golf asociados a Resorts turísticos desde el año 2000, todo influenciado por la cercanía a las riberas de la albufera del Mar Menor, cuyas aguas, litoral, humedales e islas, han sido declarados de interes internacional, con leyes y normas de protección tanto internacionales como nacionales y regionales. La proximidad de las actividades antes mencionadas, a estos parajes naturales y turísticos, hace que pueda suponer un peligro para el mantenimiento tanto de la calidad ambiental del medio singular que supone el Mar Menor, como de las actividades económicas de la comarca.

La agricultura intensiva de regadío, en gran parte bajo plástico, que se viene expandiendo desde la llegada de las aguas del trasvase Tajo-Segura a esta comarca, ha generado una industria agroalimentaria asociada, que demanda múltiples y adecuadas infraestructuras. Del mismo modo, el desarrollo de la economía de la comarca a través de la agricultura, hace que los municipios se desarrollen y expandan. Esto junto con el desarrollo del turismo de segunda residencia en las riberas del Mar Menor hace que el avance urbano, podría no ser nada nuevo en el contexto del avance urbanizador turístico del litoral mediterráneo, pero el hecho adquiere mayor relevancia en la comarca, debido a que este desarrollo urbanizador y agrícola de regadío, parecen interactuar conjuntamente, pudiendo poner en peligro la economía y crecimiento del área a todos los niveles.

Desde las distintas administraciones, la política territorial, ha priorizado la urbanización masiva junto a las riberas del Mar Menor y de forma independiente por cada uno de los municipios. La llegada de las aguas del trasvase Tajo-Segura para el regadío del área en estudio, ha tenido como resultado una distribución territorial de la comarca que se identifica y concreta en la división del territorio en tres sectores o zonas: 1) desde la línea de costa hasta 2 km tierra adentro destinada a expansión urbana y urbanística; 2) área destinada a la agricultura intensiva de regadío que llega hasta la cota 300 m. 3) partiendo de esta cota en ascenso, las tierras, vuelven de nuevo al secano, hasta las sierras litorales. Es aquí, sobre los glacis de las sierras litorales, donde aparece un nuevo

fenómeno urbanístico, neo-urbanizaciones, vinculadas directa o indirectamente al deporte del golf. Estas surgen como islas de ladrillo y verde césped en medio del secano mas riguroso, llegando incluso, a roturar los piedemontes, para de esta forma, ganar altura y poseer una mejor visión del horizonte y la comarca. Las consecuencias ambientales determinadas por el sellado de suelos que suponen estas actividades y los peligros que pueden generar son los que en este trabajo se pretenden analizar.

Los factores que van a determinar el sellado de los suelos en la comarca en estudio, son los siguientes: 1) Un primer agente antrópico es el proceso urbanizador de las poblaciones, derivado del desarrollo urbanístico del turismo de segunda residencia, junto con la creación de campos de golf con resorts y edificaciones asociadas; 2) el segundo agente sería la agricultura, fundamentada en el cambio de la agricultura tradicional de secano a una agricultura de regadío altamente tecnificada y basada en gran medida en la implantación de los cultivos bajo plásticos, más concretamente el cultivo de invernaderos; y 3) un tercer agente sellador del territorio, que relaciona y se desarrolla en paralelo a los anteriores, son las vías de comunicación.

5.1. Consideraciones sobre la agricultura

La aridez de la comarca, y la escasez de cursos superficiales de agua (ramblas habitualmente secas) salvo en los escasos días de lluvia, reduce mucho las posibilidades de actividad agraria en la comarca de forma natural. No obstante, si se cuenta con el agua suficiente, el hombre puede poner en cultivo grandes superficies de tierras ya que se dan buenas condiciones térmicas y edáficas para la agricultura. Desde antiguo, se han extraído aguas subterráneas mediante artilugios tradicionales, norias y aceñas primero y motores eléctricos después, hasta el punto de llegar a la sobreexplotación de los acuíferos. En la actualidad, el trasvase del río Tajo (localizado en el centro-norte de España) al río Segura, ha transformado de manera notable la agricultura de la comarca. La llegada a la zona de las aguas del Trasvase Tajo-Segura (TTS) de 1979 provocaron no sólo la reducción del 50% de las extracciones de agua subterránea, sino también que por los excedentes de regadío, los niveles piezometritos se han recuperado, incluso en áreas no regadas por el Trasvase. Sin embargo en los últimos años, la sequía y la puesta en cultivo de terrenos abandonados o hace unos años comprados a los propietarios con la idea de la recalificación, al no haber podido completar su especulación por la crisis económica, los han arrendado o puesto en cultivo con aguas salobres de pozos. De esta forma, los paisajes tradicionales de secano, se han transformado en regadíos (herbáceos y frutales, especialmente cítricos), apareciendo otros elementos en el paisaje, los invernaderos, que han contribuido a un cambio profundo tanto en la agricultura, como en

los paisajes, debido al espectacular desarrollo agrícola ocurrido en el área de estudio, desde la llegada de las aguas procedentes del TTS (dado por finalizado en la zona de estudio en 1979). A partir del año 1978, se inició la entrada de aguas del TTS, si bien con un ritmo muy irregular hasta el año 1995, en que las aportaciones aumentaron considerablemente hasta alcanzar prácticamente la dotación legal asignada a su zona regable (122 hm^3/año) (Martínez Menchón y Senent Alonso 2007) lo que ha sido esencial en el cambio agrícola realizado.

El canal que abastece de agua a la Comarca de Cartagena-Mar Menor tiene 66 km de longitud y parte del embalse de la Pedrera, terminando en la rambla de Benipila en las proximidades de Cartagena. La zona regable de San Pedro del Pinatar, San Javier, Los Alcázares, Torre Pacheco y el Noreste de Cartagena suman una superficie de 27.500 ha, mientras que la parte correspondiente a Fuente Álamo y Murcia tienen una superficie regable de 5.300 ha (González Ortiz 1999) (Figura 1.11)

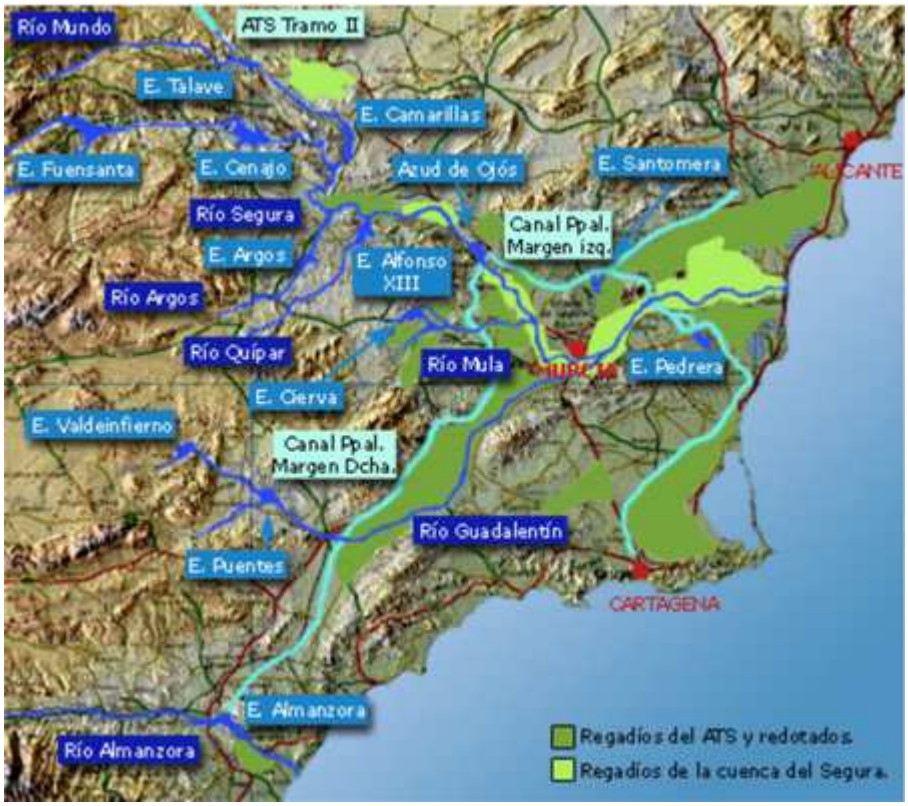


Figura 1.11. Zona regable del campo de Cartagena Mar Menor.
Fuente: Comunidad de regantes de Alhama de Murcia.

De la revolución agrícola acaecida en el área de estudio por el TTS y la instauración del regadío intensivo, surgen como máximo exponente, los invernaderos y cultivos bajo plástico, con miles de hectáreas de terreno cubiertas de este material impermeable y

donde se cultivan gran variedad de productos agrícolas (frutas y hortalizas). Una revolución agrícola tan rápida y profunda como la acaecida, necesita imperativamente de infraestructuras suficientes, rápidas y eficaces para la comercialización y explotación de los productos generados, lo que ha producido un cambio tan radical, que ha afectado no sólo a la distribución de los cultivos y el poblamiento, sino también a la estructura de propiedad de la tierra, los regímenes de tenencia y las características de las explotaciones (Morales Gil 1997).

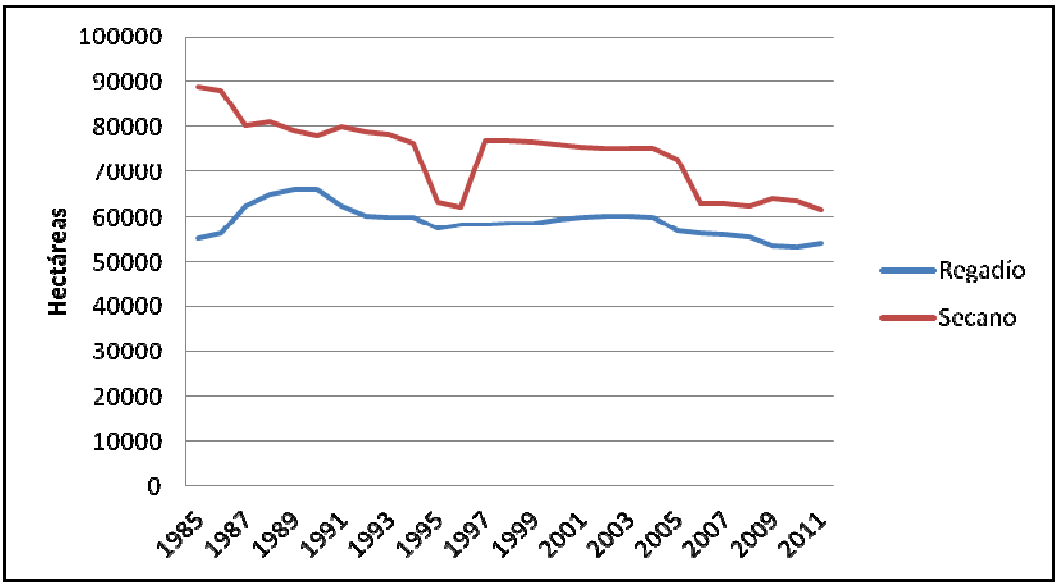


Figura 1.12. Superficie de regadío y de secano en la CCCMM. Fuente: CREM

5.1.1. El trasvase Tajo-Segura

Este proyecto tiene su origen en el Plan Nacional de Obras Hidráulicas, elaborado por del ingeniero de Caminos, Manuel Lorenzo Pardo en 1933. Se pretendía acabar con el "desequilibrio hidrológico" del sureste español, planteando como solución, el trasvase de agua desde la cabecera del río Tajo. Este no fue el único proyecto planteado, pues en esos años, se planteó la posibilidad de realizar un gran trasvase desde la desembocadura del río Ebro. Estos proyectos fueron defendidos por el ministro de Obras Públicas del momento (Indalecio Prieto) en la "Asamblea de Alicante".

El proyecto fue retomado en la época de los planes de desarrollo de los gobiernos del General Franco en 1966 y ejecutado entre esa fecha y 1979.

En 1971 el Estado promulgó una ley de "Aprovechamiento conjunto del Tajo-Segura" en la que se establecía un caudal trasvasable de 600 Hm^3, en una primera fase y de 1.000 Hm^3 en una segunda. Igualmente se planteó una importante extensión de regadío. Se reguló que con los caudales trasvasados se cubriera el déficit de los regadíos legales existentes (oficialmente unas 90.000 ha) y se ampliara la superficie en otras 51.000

ha. En los años 80 del siglo pasado, estas cifras se cambiaron y los documentos oficiales hablan de crear unas 77.000 nuevas hectáreas, siempre partiendo de un trasvase anual de 600 Hm^3 de los que 110 era para abastecimientos urbanos, 90 se perdían en el camino y los 400 restantes se asignaban a la agricultura. Estas provisiones nunca se cumplieron, puesto que las dotaciones del trasvase Tajo-Segura no han sobrepasado en media anual desde sus inicios los 395 Hm^3 anuales.

Debido a las expectativas generadas por el TTS, desde mediados de los años 60 se inició una carrera por roturar y poner en regadío tierras al margen de sus posibilidades y utilidades agrícolas con el fin de acogerse a los nuevos regadíos, aunque la idea inicial oficial, era primero socorrer a los regadíos deficitarios. En la actualidad, la cuenca del Segura ha incrementado de forma considerable su superficie regada con unos caudales que nunca han llegado, y casi con toda probabilidad, nunca lleguen, con lo que el déficit estructural de cuenca se ha multiplicado. En 1972, el Estado reconocía una superficie total de regadíos de 141.110 ha en Murcia. En 1986 esta cifra aumentó a 147.255 ha., mientras que en el Plan Hidrológico de la cuenca del Segura se llegó a 198.178 ha. Desde su aprobación hasta la actualidad, se han puesto en riego casi 50.000 nuevas hectáreas y su cifra sigue creciendo, así como las roturaciones de piedemontes y tierras antaño baldías. **(7)**

En la última década, la Junta de Castilla-La Mancha, asegura que la diferencia entre la cantidad de agua trasvasada hacia el Levante y la declarada como utilizada por la Confederación del Segura, en los regadíos contemplados en la Ley del trasvase ha aumentado, situándose en 167 Hm^3, y sin que se conozca destino de 113 Hm^3 (con los que se podrían regar 22.000 ha). Por lo que, con fundadas sospechas, se cree, que esos caudales han servido para ampliaciones ilegales de regadío, para campos de golf o urbanizaciones. **(7)**

5.1.2. Los Invernaderos

El cultivo bajo invernaderos no es algo reciente, sino que se remonta a la época romana, en donde las plantas se colocaban bajo estructuras cubiertas con telas impregnadas en aceite, conocidas como ‘specularia’, o con láminas de mica (Tesi, 1972). Los que podrían denominarse invernaderos modernos, se elaboraron con vidrio y se construyeron en Italia en el siglo XIII para albergar las plantas exóticas que los exploradores traían de los trópicos. La utilización de los materiales plásticos como cubiertas de invernadero sí que es relativamente reciente y, se inicia en el año 1948 en EEUU con el profesor E. M. Emmert (Universidad de Kentucky), quien tuvo la idea de sustituir el vidrio por celulosa

regenerada (papel celofán) para cubrir una estructura de madera. Desde entonces los invernaderos de plástico se utilizan por todo el mundo y han desplazado al vidrio como material de cerramiento.

La superficie de invernaderos en el mundo a principios del siglo XXI superaba las 450.000 ha (FAO, 2013), con un continuo crecimiento en los últimos años, estimándose en un 20% anual desde 1980 (Pérez Parra et al., 2002). El 66% del área de invernaderos corresponde a Asia (China, Japón y Corea), seguida de la cuenca mediterránea con un 30% (Cobos y López, 1998). En Europa el mayor desarrollo se localiza en los países costeros mediterráneos, debido a las buenas condiciones de insolación y suaves temperaturas invernales (Castilla, 1998). En la actualidad, la superficie total de invernaderos en los países del sur de la Unión Europea es de aproximadamente 90.000 ha, con España a la cabeza (Sigrimis et al., 2009).

Los invernaderos hoy son instalaciones altamente tecnificadas, donde se controlan la temperatura, humedad, consumo de agua y cada vez más frecuentemente se utiliza el cultivo sin suelo. Los avances tecnológicos aplicados al riego y al ciclo natural de la planta, se incorporan al cultivo forzado bajo cubierta, logrando modificar el ciclo de cultivo, con una amplitud en los calendarios para la obtención del producto en los momentos de mayor demanda. El interés de esta agricultura intensiva de invernaderos, mallas y acolchados radica en su mayor productividad, empleo y precio final del producto.

En España, los primeros invernaderos de plástico se instalaron en 1958 en Canarias y no se extendieron a la Península hasta 1965, siendo su crecimiento continuo desde entonces (Cotec, 2009). La superficie dedicada a invernaderos, ha aumentado de manera notable en las últimas décadas. Se ha pasado de 546 ha en 1968 a 62.065 ha en 2013 (MAAMA, 2013). La mayor concentración se localiza en el sur y sureste peninsular (Andalucía y Murcia) y en Canarias. En el año 2013 los invernaderos en Andalucía representaban el 71% de la superficie de este sistema de cultivo en España, destacando Almería con una representación del 48,5% respecto al total nacional. En las Comunidades de Canarias y Murcia los invernaderos ocupan un 11% en cada una de ellas. El 7% restante se lo reparten principalmente la Comunidad Valenciana, Cataluña, Navarra y Galicia (MAAMA, 2013). Entre los años de 2002 a 2008 la superficie de invernaderos se incrementó en Andalucía y Murcia, pero de 2008 a 2013 se observa una ligera disminución en Andalucía y Canarias; y un descenso más acusado en la Región de Murcia, disminuyendo de 2008 a 2013 en casi 2.500 ha la superficie ocupada por invernaderos (MAAMA, 2002, 2013).

La tipología de invernaderos es muy variada. Por las formas y materiales empleados pueden ser invernaderos planos o tipo parral, en túnel o en semicilindro, en capilla a un agua o a dos aguas, de raspa o amagados, asimétricos, etc. Según el material de la cubierta pueden ser de vidrio, plástico, y de plástico y malla (Gil Meseguer y Gómez Espin, 2011). El diseño debe brindar protección contra el viento, la lluvia, el frío, el exceso de calor, etc. Las ventajas respecto a cultivar al aire libre son: la precocidad de los frutos, el aumento de la producción y la mejora de la calidad, la posibilidad de obtener más de un ciclo al año, el control de insectos y enfermedades, e incluso, ahorro de agua y fertilizantes, pero exigen de una elevada inversión inicial, de personal especializado en el mantenimiento y explotación del invernadero. Sobre todo si se practica el cultivo hidropónico, en el que hay que dar soluciones nutritivas a través del agua en un suelo inerte de perlita, de fibra de coco, de lana de roca, etc. Y hay que mantener controlado el ambiente, temperatura, humedad, etc.

En la CCCMM, los invernaderos más frecuentes, corresponden a los siguientes tipos (Tolón y Lastra, 2010):

a) Mallas de protección de cultivos para la lucha antigranizo, y la lucha biológica de cítricos, sobre todo variedades de mandarinas. Se plantan en caballón con riego localizado por goteo y estructuras metálicas sujetas por hormigón de hasta 5 metros de altura sobre las que se sitúan y fijan con alambre acerado las mallas.

b) Invernadero de tipo industrial, más tecnificado, moderno y de mayor altura para un mejor control climático, con las siguientes tipologías: túnel o semicilíndrico, multitunel y de cristal o tipo venlo.

c) Invernadero tradicional que se subdividen en: planos o tipo parral, raspa y amagado, asimétricos, capilla, doble capilla, parral...

Las consecuencias ambientales de la ubicación de los invernaderos deberían ser analizadas detenidamente, mediante un diagnóstico ambiental metódico de este tipo de agricultura intensiva, pero la reticencia y desconfianza de los agricultores y el gran oscurantismo de los mismos es la tónica general para poder obtener datos fiables. No obstante sería preciso plantear un estudio serio de los imputs, outputs y el proceso de feedback que genera un invernadero-tipo, analizando si es ambientalmente aceptable.

5.2. Consideraciones sobre el turismo

A partir de la década de los setenta, en numerosos pueblos y ciudades del Mediterráneo especialmente en las comarcas costeras y más meridionales, se inició un verdadero salto

social que produjo una rápida transformación con el paso de una sociedad primaria a otra terciaria sin la transición a la industrialización debido a la rápida influencia del turismo. La agricultura y la pesca se convirtieron en actividades casi residuales. El turismo ha sido en este tiempo el motor principal de ese cambio social. En el área de estudio, este cambio también se produjo con unas connotaciones especiales debido a que la comarca está bañada por las riberas de la conocida albufera o "lagoon" marino más grande de Europa, el Mar Menor.

A nivel general, las riberas del Mar Menor tienen dos zonas diferenciadas, una la correspondiente a las riberas de los municipios a los que hace referencia esta tesis, y otra zona la conocida como La Manga del Mar Menor.

Se denomina Mar Menor a la laguna de agua salada de 130 km^2 que, ubicada en la Región de Murcia, está escasamente comunicada con el Mediterráneo, registrando, por tanto, una mayor salinidad del agua, así como reducidas profundidades, aguas más cálidas y oleajes suaves. La estrecha franja de terreno que separa el Mediterráneo del Mar Menor, conocida como La Manga, consta de unos 23 kilómetros de longitud y una anchura media de 500 metros. El perímetro litoral del Mar Menor se extiende por unos 73 kilómetros, distribuyéndose este territorio según su adscripción municipal entre cuatro ayuntamientos (Los Alcázares, San Javier, San Pedro del Pinatar y Cartagena).

El Mar Menor por sus singularidades, tamaño de oferta y demanda e impacto económico sobre los municipios de la zona es, sin duda, el destino turístico más importante de la Región de Murcia. Esta importante zona turística posee la singularidad de estar ubicada en el seno de la única provincia del litoral mediterráneo español, donde la participación del sector turístico en el producto o PIB provincial posee una menor relevancia relativa que la que se observa para este sector en el ámbito nacional (García Sánchez, 2002).

El visitante no residente en el Mar Menor se aloja fundamentalmente en segundas residencias. Este tipo de alojamiento se impuso en el Mar Menor desde mediados de los años setenta, cuando el frenazo en el crecimiento de plazas hoteleras que registraba el Mar Menor (especialmente La Manga), vino acompañado de un "boom" inmobiliario de segunda residencia. No obstante, la oferta no se limita a la segunda residencia, existe todo un mercado de viviendas no reguladas oficialmente, como son las viviendas de alquiler privado entre propietarios e inquilinos, fuera del control de la administración.

Los recursos basados en las potencialidades geográficas y socio-culturales desde la comarca animó el proceso constructor de viviendas destinadas a segundas residencias estivales (García Sánchez, 2002). Un aspecto llamativo y preocupante a la vez, se está consolidando en el Mar Menor desde hace unos años, es el referido a aquellos elementos que tienen que ver con el deterioro medioambiental de la zona y del propio mar, así como del patrimonio natural del que gozan las poblaciones ubicadas en este entorno, cambio derivado, precisamente, de la presión demográfica, urbanística y agrícola que soporta esta área litoral. La sensibilidad medioambiental de los turistas es, adicionalmente, un aspecto en auge según las informaciones recogidas por el OTMM (observatorio turístico del Mar Menor, 2001), indica la inexcusable necesidad de llevar a cabo la planificación pública estricta de lo que aún queda de territorio, destinada a la conservación del entorno, del Mar Menor y sus riberas.

Finalmente, la elevada fidelidad que demuestra el turista del Mar Menor es un aspecto que habrá que valorar en épocas venideras y no muy lejanas. Pero este es un aspecto multidimensional como afirma Arribas-Bel et al. (2011), que aborda la cuestión de la expansión urbana, otorgando seis dimensiones, así como índices para clasificar el crecimiento urbano.

Las fases del desarrollo turístico residencial suelen ser muy parecidas, se inician con el urbanizado del núcleo poblacional, posteriormente y agotado el terreno urbano, la construcción se va alejando de las poblaciones paulatinamente, como urbanizaciones cerradas alejadas de dichos núcleos, y como última fase aparecen las urbanizaciones asociadas a campos de golf (resorts). Este modelo, se ha reproducido casi en los mismos términos en el proceso de urbanización de la comarca del Mar Menor en los últimos 40 años, ejecutándose de dos formas: (i) una primera con el crecimiento de los núcleos de población ya existentes, en un ámbito de dos kilómetros desde la línea de costa hacia el interior, es el promedio de crecimiento de los núcleos urbanos costeros tradicionales hasta la desaparición o difuminación total o casi total de los límites municipales de las poblaciones costeras del Mar Menor; (ii) otra, ha sido la rápida aparición de nuevos núcleos poblacionales, los denominados Resorts y campos de golf en intima asociación y dependencia, mas alejados de la costa y aislados de los núcleos tradicionales, en los últimos años. Las áreas más alejadas de la costa ya lindando con las sierras litorales o con límites municipales, se están urbanizando a un mayor ritmo que el frente litoral, debido a la saturación de éste y a la búsqueda de entornos más exclusivos por parte de los promotores y, por tanto, ocupando nuevos suelos y consumiendo recursos, que generan un impacto importante en el sistema territorial. Este modelo de ciudades

residenciales y deportivas, provoca una mayor exigencia de infraestructuras y equipamientos básicos (conectividades de todo tipo, accesos a la red viaria, suministro y depuración de agua, energía, gestión de residuos, etc.).

De acuerdo a lo comentado, parece que el modelo de segunda residencia, sol y playa a la orilla del mar, está casi agotado, la construcción se aleja de las zonas de baño y ocio turístico, la masificación de personas durante la época estival provoca el rechazo de muchos y sobre todo el de los residentes que no perciben el beneficio.

Ante estas perspectivas, la opción empresarial parece clara, alejar las urbanizaciones de la costa y ofertar un nuevo modelo que atraiga a más personas para disfrutar del sol y el clima sin tener que salir a la aglomerada y masificada costa, además, se deben aprovechar los inviernos suaves para atraer el turismo de los países del norte de Europa que, debido a la estacionalidad del turismo vacacional español, podrá viajar a la costa sin sufrir la presión del turismo veraniego, aparecen de esta forma las urbanizaciones y resorts, asociados a los campos de golf.

5.2.1. Los campos de golf

El deporte del golf, generalmente se asocia a un deporte de las clases sociales más altas. Una idea que nacida seguramente de su marco y localización (recintos cerrados y vigilados, con accesos restringidos y con un encuadre habitualmente “natural”, alejado en la mayoría de los casos de las grandes poblaciones, un deporte y una actividad económica de clases adineradas o altas, aunque en realidad el golf, es mucho más. Algunos autores, lo consideran como una modalidad más de “agricultura intensiva”, siendo sus ingresos mucho mayores. Morell (2001), considera que el golf puede proporcionar importantes beneficios, tanto sociales como económicos y que puede ser generador de importantes zonas verdes, tanto a nivel urbano como rural y recuperar espacios degradados o en proceso.

Breve reseña histórica

En el año 1891 se inaugura en España el primer campo de golf en Las Palmas y en 1904 el primero en la península, el Real Club de Puerta de Hierro de Madrid. Posteriormente y desde los años ochenta del siglo pasado, la construcción de grandes complejos está siendo habitual en los municipios costeros mediterráneos como reclamo de un turismo de calidad, y como alternativa a la estacionalidad del turismo de sol y playa, el problema es que en la mayoría de los casos, estas instalaciones no dejan de ser operaciones inmobiliarias especulativas (Vera et al., 1997).

La evolución en el número de campos de golf en España en los distintos años seleccionados para este estudio es de 16 campos en 1956, pasando a 73 en 1981 y a 424 en 2011 (Federación española de Golf 2011), lo que demuestra su gran evolución. Esta proliferación de campos en España en los últimos 30 años, ha supuesto la afluencia de jugadores europeos a los campos españoles y el aumento de los nacionales con licencia federativa, que debido a la popularización de este deporte han subido exponencialmente. Esto ha permitido que España que se sitúe en los primeros lugares del ranking mundial en lo referente e a ingresos percibidos en concepto de turismo de golf (García Ayala, 2004)

Evolución del golf en la región de Murcia

La evolución de los campos de golf en la región de Murcia, ha sido lenta y tardía, siendo el punto de partida en la proliferación de campos de golf la década del 2000, donde se multiplican los proyectos por toda al Comunidad y, en especial, en el área de estudio. Con la crisis económica del año 2007, su desarrollo y sostenimiento empezó a decaer, llegando al año 2011, donde muchas de las instalaciones empezaron a ser abandonadas o paralizados los proyectos, a la espera del relanzamiento de la economía mundial o de su derribo.

El primero en construirse, fue el de La Manga Club Resort, inaugurado en octubre de 1972, sin que posteriormente se planteara la posibilidad de creación de más campos de golf, aunque en el año 2001, se retoma esta idea e inicia el primen proyecto de golf y resort el de La Naveta, en Baños y Mendigo, promovido por Arqués Pujalte, quien hizo algunas cesiones al Ayuntamiento que se recogen en el plan parcial. El reparto de la finca de 1.812.751 m^2, incluía la cesión de 923.000 m^2, extensión que se destinaría a parque forestal, debiendo combinar el desarrollo residencial con la conservación del medio ambiente (Diario La verdad de Murcia 2003). Posteriormente, la urbanización “Mossa Trajectum” promocionado en Centroeuropa por Johan Cruyff, puso la primera nota de color verde en forma de campo de golf y urbanización, en el conocido campo de Murcia, integrado en la comarca del Mar Menor y más concretamente en Baños y Mendigo. El interés por el golf en Murcia se despierta en la primera década del siglo XXI, (La Manga club 1981), Según la Real federación española de golf (2011), **(8)** el desarrollo de este deporte en la Comunidad de Murcia es el siguiente; en los años 1950, no había instalaciones de este tipo, ni ocurrencias para implantarlas debido seguramente a las condiciones climáticas e hídricas, en 1981 ya contaba la Región de Murcia con una instalación y en 2011, ya se contaba con 19 campos de golf (Tabla1.8), la mayoría de

ellos asociados a urbanizaciones interiores mas conocidas como resorts. Es de destacar como de los 19 campos de la Región 11 se localizan en la comarca aquí analizada.

Tabla 1.8 .Campos de Golf en la región de Murcia (2011) **(8)**.
Nota: los campos de golf en negrita están ubicados en la CCCMM.

Nombre	Nº de hoyos	Población
Alhama Signature Golf	18	Alhama
Camposol Golf	18	Mazarrón
Campo de Golf Altorreal	18	Molina de Segura
Clud de Golf Torre Pacheco	**18**	**Torre-Pacheco**
Corvera Golf Club	**18**	**Corvera**
El Valle Golf Resort	**18**	**Baños y Mendigo**
Hacienda del Álamo Golf Resort		Fuente Álamo
Hacienda de Riquelme Golf Resort	**18**	**Sucina**
La Manga Club	54	Los Belones (Cartagena)
La Serena Golf	**18**	**Los Alcázares**
La Torre Golf Resort	**18**	**Roldan**
Lorca Resort Golf & Spa		Lorca
Mar Menor Golf Resort	**9**	**Torre Pacheco**
Mosa Trajectum Golf Murcia	**27**	**Baños y Mendigo**
Campo de Golf La Peraleja	**18**	**Sucina**
Roda Golf	**18**	**Roda, San Javier**
Sensol Golf	18	Mazarrón
United Golf Resorts La Tercia	**9**	**Camino Balsicas, La Tercia**
Veneziola Golf	9	La Manga, San Javier

El desarrollo masivo de golf/resort/gran resort, se desarrolla en el municipio de Murcia, y más concretamente en el área de este municipio perteneciente a la CCCMM, surge con fuerza al amparo del PGOU, aprobado el 31 de enero del 2001, lo que permitió que el suelo se convirtiera en urbanizable. En el año 2003 el ayuntamiento de Murcia en acuerdo con la Comunidad Autónoma, pretendía dar un giro a sus pedanías ubicadas en la comarca del Mar Menor, con la construcción de seis campos de golf, la idea era convertir unas tierras de secano en un vergel, ya que en esas zonas las aguas del trasvase no llegaban por encontrarse a una cota elevada sobre el embalse de la pedrera,

La pretensión y objetivos recogidos tras la modificación de la ley del suelo era la de atraer a un turismo de calidad, no dependiente de la estacionalidad y dirigido a clientes extranjeros, con el incentivo del deporte del golf y de todo tipo de comodidades, en un clima envidiable, vida tranquila y relajada de las pedanías del campo de Murcia dentro del marco de la cuenca del Mar Menor y orlas montañosas, y próxima a las riberas de dicho "lagoon" salado.

Las vías de comunicación primarias para dinamizar ese ámbito geográfico ya estaban desarrolladas, autopista Cartagena - Murcia y autovía Murcia - San Javier, Santomera -

San Javier, y un vial de 15 km que enlazaría la autovía de San Javier a la altura del Valle del Sol, hasta el nudo sur de la futura autovía Santomera - San Javier en Sucina y que en el proyecto figura con dos carriles en cada sentido, con mediana y glorietas, entre los, 500 y 1000 m. El proyecto de atracción turística a través de la construcción de campos de golf, contemplaba también la puesta en condiciones de las carreteras existentes, dotándolas de arcén y señalización. Ampliar el ancho de algunas vías a 25 m para tener dos carriles por sentido. Lo que afectará a la carretera de Balsicas a Sucina, partiendo desde la autovía Murcia - San Javier a la Tercia, y Sucina y la del Puerto del Carruchal y a la carretera de Balsicas a la Tercia. Todas estas comunicaciones son de titularidad de la Comunidad Autónoma, así como el resto de accesos, a las nuevas instalaciones.

Las previsiones de crecimiento una vez alcanzados los objetivos a los que aspiraban los municipios del área de estudio para las distintas pedanías del Campo de Murcia (se denomina así al territorio sur de este municipio) eran para Baños y Mendigo, una pedanía de apenas 287 habitantes en 2003, se calculaba que multiplicaría por veinte su población en el plazo de pocos años, llegando según estas previsiones a 5740 habitantes, dependiendo del tiempo en se tardasen en ser vendidos los 3.952 chalés de lujo de las cuatro urbanizaciones. En Gea y Truyols, pedanía en la que en el año 2003 vivían 449 vecinos, se esperaba que creciera en consonancia con la ocupación de las 8.000 viviendas correspondientes a las cinco lujosas urbanizaciones previstas de las que tres aportan campo de golf. Para Jerónimo y Avileses, de 814 habitantes y Sucina**,** 1100 vecinos, también se preveían que participaran del boom poblacional de las pedanías del campo de Murcia que asoman al Mar Menor, donde las inversiones millonarias, ya suman solo en costes de urbanización mas de 222 millones de euros (Diario la verdad de Murcia 28 sept. 2003). Las previsiones oficiales y la realidad actual no parecen coincidir (Tabla 1.9). La cercanía de la costa, y la garantía de sol durante casi todo el año son más que suficientes para que los promotores hayan puesto sus ojos en estas pedanías del Campo de Murcia, definido como un secarral que se iba a convertir en paraíso, gracias a los campos de golf, lagos artificiales y zonas residenciales de baja densidad constructiva. Algo que en la actualidad, 15 años después no ha ocurrido.

Tabla 1.9. Pedanías de Murcia en cifras reales y estimaciones previstas según el Ayuntamiento de Murcia: Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Diario La Verdad de Murcia y **(9)**

	Superficie m² urbanizaciones, campos de golf y resorts	**Número de viviendas proyectadas**	**Habitantes esperados**	**Habitantes 2003**	**2011**	**2015**
Baños y Mendigo	5.296.136	3.952	9.881	287	584	540
Gea y Truyols	12.482.749	8.077	20.193	294	1.201	1.060
Jerónimos y Avileses	1.724.928	3.086	7.715	867	1.429	1.451 año2012* 1.457*
Sucina	11.198.036	9.417	23.543	1.158	2.031	1.996
Total	30.701.849	24.533	61.332	2.606	5.245	5.047
Costes de urbanización 222.565.220						
Costes plan especial de accesos 95.000.000						
Presupuesto, total del plan especial de infraestructuras hidráulicas 28.167.302						
Mejoras medioambientales. 1/3 de la superficie construida en parques forestales o mantenimiento de cultivos						

A los 34 proyectos debería seguir el del macro complejo turístico Marina de Cope, impulsado por la propia Consejería de Turismo, con cinco campos de golf irrigados por una planta desaladora. El proyecto con una superficie que supera los 20,7 millones de metros cuadrados, de los que 14,5 pertenecen a Águilas y el resto a Lorca. Invertiría más de 3.800 millones de euros creando 6.000 puestos de trabajo directos y 7.000 indirectos. Con estas actuaciones se pretendía ofrecer un nuevo modelo de turismo, agotado ya, el típico de sol y playa a las orillas de Mar Menor.

La Región de Murcia, como es bien conocido, presenta un elevado déficit hídrico, en esta situación, es obligado preguntarse acerca de las necesidades adicionales que los campos de golf conllevan. En el año 2011 las hectáreas regables eran unas 200, consumiendo unos 2.100.000 m³ de agua. Por otro lado, las necesidades de riego se encuentran parcialmente condicionadas por las precipitaciones que se registran a lo largo de cada año. A la hora de juzgar si esas necesidades de riego resultan o no excesivas, puede resultar de utilidad comparar las necesidades de agua aplicada al riego con algunos cultivos agrícolas. En este sentido, se pueden emplear los valores proporcionados por un reciente estudio relativos a la Comunidad de Regantes de la Comarca de Cartagena (Soto et al., 2014). Algunos autores, para justificar los consumos de agua, calculan el gasto anual, comparándolo con la pluviosidad media y de esa manera obtener los datos de consumo de agua de los campos de golf, atendiendo a la relación con la climatología,

aunque únicamente se disponen datos relativos al ejercicio 2011, considerado como un año “normal” en términos de necesidades hídricas. (Pascual et al., 2016).

Otras similitudes que aplican los defensores de este tipo de instalaciones, es la comparación de las necesidades de agua aplicada al riego de los campos de golf por hectárea con determinados cultivos, llegando a la conclusión de que son superiores a los que se registran para la media ponderada de los diferentes cultivos. En concreto, se sitúan en un 48,3% por encima. Sin embargo, atendiendo a distintos tipos de cultivos, también se ha de señalar que las necesidades por hectárea de los campos de golf se encuentran claramente por debajo de las que precisan los cultivos hortícolas anuales (que necesitan un 31% más que los campos de golf) o que los cultivos de invernadero (que se sitúan un 23% por encima de los campos de golf).

Aspecto relevante a considerar es el origen del agua que se emplea para el riego y el precio de la misma. En efecto, desde el año 2012 una parte considerable del agua empleada en el riego de los campos de golf tiene su origen en las desaladoras. De hecho, a partir de ese año, aproximadamente un 40% del agua empleada presenta esa características. Este hecho tiene un efecto muy relevante en términos del coste por metro cúbico derivado del riego de los campos de golf **(10)**.

La Región de Murcia como hemos dicho anteriormente, ha basado su desarrollo turístico en las segundas residencias y en la escasa oferta hotelera de calidad. Este error parece repetirse, pues, basar el desarrollo del golf en una oferta inmobiliaria carente de control, aunque genera grandes beneficios a los consistorios, constructoras, etc., a corto plazo, terminará reportando menores rendimientos económicos y sociales a largo plazo y podrá acabar hipotecando los recursos naturales. Aunque para justificar este tipo de instalaciones, algunos autores afirman que el gasto medio de un turista de golf es hasta cinco veces superior al de uno estándar (Borrego Domínguez, 2002), sosteniendo que en Andalucía el empleo generado es hasta 8 veces mayor que cualquier tipo de regadío. Por este motivo, Andrés Sarasa (2004), entiende el golf (refiriéndose en concreto a La Manga Club Resort) como una forma diferente de concebir el turismo y como un modelo a imitar en aquellas áreas que hoy pugnan por salir del declive industrial y han puesto su punto de vista en la industria turística como es el caso de los municipios de La Unión y Cartagena.

Ecologistas en Acción en declaraciones al diario La Verdad de Murcia el 14 septiembre de 2003, resaltan que todos los proyectos de campos de golf van asociados a

urbanizaciones y complejos hoteleros que, a su juicio, dispararán la demanda de agua potable. Días antes, el 7 de septiembre de 2003, el consejero de turismo de la región de Murcia afirmaba en el diario la Verdad de Murcia que: EI desarrollo turístico de la Región es inevitable, diciendo textualmente “Y tengo entendido que el turismo es la principal industria de España. ¿Es que Murcia no tiene derecho a desarrollarla en su territorio?”. Aunque cabría preguntarse cuál es el concepto de desarrollo territorial que tiene nuestra administración.

Actualmente la mayoría de los proyectos de campos de golf instalados en la comarca del Mar Menor, correspondiente al área del municipio de Murcia así como sus resorts o urbanizaciones, pasan por malos momentos, algunos campos de golf han cerrado o funcionan a medias y en cuanto a los proyectos urbanísticos, la mayoría están parados, abandonados, asaltados (Figura 1.13), en espera de tiempos mejores o de su derribo (La Verdad de Murcia 11/2015)



Figura 1.13. Urbanización abandonada, que ha sido expoliada.

5.3. Consideraciones sobre las vías de comunicación

El modelo productivo que presenta la CCCMM basado en la actividad agrícola e industrial de vocación exportadora y, de otro lado, la actividad turística residencial, se apoya, en gran medida en sus infraestructuras viarias. El dinamismo experimentado como consecuencia del despegue económico de las últimas décadas, principalmente, en lo que se refiere a la agricultura y turismo, se ha visto respaldado en la concentración de esfuerzos por parte de los planificadores del territorio para dotar a toda esta zona de una red viaria densa y de gran capacidad para movilizar tanto productos agrícolas como facilitar la llegada de turistas.

La infraestructura de transporte terrestre en los años 50 y hasta los años 80 del pasado siglo del área de estudio, convergía fundamentalmente sobre Cartagena y su sierra minera, debido al papel que históricamente ha jugado este núcleo como gran centro portuario, comercial, minero e industrial, plenamente insertado en las grandes corrientes de tráfico nacional e internacional.

El área se hallaba atravesada por dos carreteras nacionales, la N -301, que enlaza Madrid con Cartagena, y la N-332 que une Valencia con Almería, y que discurre paralela a la costa por los municipios de Cartagena, La Unión, Torre Pacheco, San Javier y San Pedro del Pinatar.

Además de estas carreteras de orden nacional, pueden señalarse otras de orden regional que sirven, básicamente, a la comunicación del área con otros puntos de la región. Entre estas deben mencionarse: la C-3.319, que une San Javier (y la Ribera del Mar Menor en general) con Murcia, y sirve de soporte a un importante flujo turístico y los tráficos generados por el aeropuerto; la carretera local que desde El Albujón y por La Palma y El Algar sirve al tráfico interior de los núcleos del área y asimismo como vía de penetración desde Murcia hacia el área turística de La Manga; y la C-3.315, que comunica a Cartagena con la Vega del Guadalentín (Alhama de Murcia).

Puede señalarse, en esta época, por la intercomunicación de los núcleos del área, la carretera local que une San Javier (y a través de la N-332, San Pedro) con Torre Pacheco y Fuente Álamo.

Por su parte, el transporte ferroviario se concretó dentro del área a través de la vía de ancho normal que une Cartagena con Murcia y Madrid. Existe además una vía estrecha que comunica a Cartagena con La Unión y Los Nietos, pedanía cartagenera de la Ribera

del Mar Menor.

Las comunicaciones aéreas, sacaron provecho de la ubicación e instalaciones de las instalaciones de la academia Militar del ejército del aire, situada a orillas del Mar Menor, en la localidad de San Javier y que proporcionó a la región de Murcia un aeropuerto internacional.

En las últimas décadas del siglo XX se acometen actuaciones de integración del área de estudio de forma interna y hacia el exterior, conexión con el Arco Mediterráneo, mediante nuevas vías de comunicación, de carreteras de gran capacidad (autopistas y autovías), e incluso, autopistas de peaje. Se busca movilizar un territorio que supone el 16% del total de la Región de Murcia y cuya débil ocupación turística, muestra un fuerte contraste con sectores costeros inmediatos más septentrionales que acusan síntomas de saturación y, consecuentemente, permite valorar estos espacios como un ámbito de intenso desarrollo. Además la industria agrícola y hortofrutícola necesita expandir sus productos y poner en comunicación a productores, transformadores y consumidores, dotando a la comarca de caminos de servicio y carreteras más amplias (Ausur 2003).

6. Objetivos

El objetivo general de esta tesis ha sido estudiar el sellado de los suelos en la comarca del Campo de Cartagena - Mar Menor y analizar las principales consecuencias medio-ambientales que dicho proceso ha generado en este territorio.

Como **objetivos específicos** se pueden citar los siguientes:

- Investigar cuales han sido y son las preocupaciones y actuaciones que sobre la importancia de los suelos y su degradación se tienen a nivel internacional y nacional.
- Conocer la relevancia que tiene el sellado de los suelos, como proceso de degradación, su extensión espacial actual y los principales efectos que han reportado diferentes autores.
- Realizar una revisión bibliográfica sobre el sellado del suelo, tanto a nivel internacional como nacional.
- Conocer las áreas que en España se han analizado en relación con el sellado del suelo y los autores de las investigaciones.
- Conocer cuáles son las temáticas más investigadas a nivel internacional en relación con el sellado de suelos.
- Conocer cuáles son las temáticas más investigadas a nivel nacional en relación con el sellado de suelos.
- Establecer hipótesis de partida, sobre el porqué se ha producido el sellado en la comarca estudiada: llegada del agua del trasvase Tajo-Segura a la comarca, e incremento del turismo, en especial el turismo residencial.
- Conocer las características físicas y humanas más importantes del territorio a analizar, en relación con el tema de estudio.
- Analizar el sellado del suelo atendiendo a los distintos tipos de sellado: urbanizado, resort, infraestructuras de vías de comunicación e invernaderos.
- Analizar el sellado de la superficie ocupada por suelo urbanizado para los años 1957, 1981 y 2011 mediante digitalización de ortofotografías.
- Analizar el sellado de la superficie ocupada por resorts para los años 1981 y 2011 mediante digitalización de ortofotografías.
- Analizar el sellado de la superficie ocupada por red viaria para los años 1957, 1981 y 2011 mediante digitalización de ortofotografías.
- Analizar el sellado de la superficie ocupada por invernaderos para los años 1981 y 2011 mediante digitalización de ortofotografías.
- Analizar las fuentes estadísticas de tipologías de viviendas en los dos últimos censos de población y viviendas de 2001 y 2011, para los municipios de la comarca.

- Analizar la superficie construida en la comarca según fuentes catastrales.
- Analizar los impactos medioambientales derivados de las superficies construidas (inundaciones, pérdida de recursos, e impactos de las infraestructuras de transporte).
- Analizar los impactos derivados de la instalación de invernaderos (consumo de recursos, contaminación de suelos y aguas, aumento de inundaciones, reducción de la biodiversidad, residuos generados y otros).
- Analizar los impactos del sellado en el paisaje.
- Analizar los impactos del sellado en el Mar Menor.
- Analizar los impactos del cambio climático en la comarca como consecuencia del sellado.
- Establecer las principales conclusiones del estudio realizado.
- Sugerir, en la medida de lo posible, algunas recomendaciones de utilidad para los organismos gestores.

7. Estructura de la tesis

La tesis se ha estructurado en siete capítulos principales.

1. El primer capítulo es la introducción. (i) En él se ha considerado conveniente incluir un apartado sobre los suelos y su importancia, se indican algunas definiciones de suelo y se exponen diferentes consideraciones sobre la degradación de los suelos, por el hecho de que el proceso del sellado se considera un proceso de degradación. (ii) En un segundo subapartado se analiza el sellado de los suelos, mencionando las dos tipologías existentes, natural y antropogénico, siendo este último nuestro objeto de estudio; se define el sellado, los grados de sellado, el espacio actual sellado en Europa y España; y se comentan los principales efectos que tiene el sellado. (iii) Un tercer punto trata sobre la preocupación que sobre los suelos se tiene a distintas escalas (mundial, europea y española), así como las actuaciones que hasta el momento se han llevado a cabo. (iv) El cuarto punto se centra en los estudios específicos de sellado de suelo y se realiza un análisis por temáticas de investigación a escala internacional y nacional. (v) El punto quinto trata la justificación del estudio: (a) se establecen toda una serie de consideraciones sobre la agricultura y los cambios que se han producido en la misma como consecuencia de la llegada de las aguas del trasvase Tajo-Segura a la comarca, que trajo consigo una nueva agricultura y la implantación de los invernaderos; (b) consideraciones sobre el turismo, en especial el turismo residencial que ha propiciado la construcción de numerosos resort y campos de golf; y (c) consideraciones sobre el incremento y mejora de las vías de comunicación, consecuencia directa de la nueva agricultura y del incremento urbanístico. (vi) En el punto seis se citan los objetivos de la tesis, principal y secundarios. (vii) Y el punto siete se corresponde con la descripción de cómo se ha estructurado la tesis.

2. El segundo capítulo está dedicado al área de estudio. En primer lugar se justifica la delimitación del área estudiada y con posterioridad se analizan toda una serie de características generales: topografía y geomorfología, geología, clima, suelos, aguas superficiales y subterráneas y los dos aspectos socio-económicos que más importancia tienen en nuestro estudio, agricultura y crecimiento urbanístico.

3. En el tercer capítulo se describen los materiales y métodos utilizados. Se indican las fuentes de dónde se han obtenido los datos, cómo se ha realizado el análisis espacial y la digitalización de las ortoimágenes, así como el error estimado de digitalización. Se indica

cómo se han clasificado las cubiertas de sellado, los datos estadísticos, otras fuentes de datos y la identificación de los impactos medio-ambientales.

4. El cuarto capítulo es el principal de la tesis, ya que es el de Resultados y Discusión. En un primer subapartado se presentan todas las superficies de sellado digitalizadas y la evolución de las mismas en los tres años de referencia seleccionados por nosotros (1956-1981-2011), tanto a nivel municipal como comarcal, así como un análisis espacial. Como superficies selladas se han identificado las siguientes: (i) sellado de suelos por urbanizado; (ii) sellado de suelos por resort, que por sus características especiales se ha considerado oportuno distinguirlo del urbanizado en sentido estricto; (iii) sellado del suelo por invernaderos; (iv) sellado del suelo por redes viarias; y (v) sellado del suelo total. En el apartado dos, se analizan las superficies construidas según fuentes estadísticas y catastrales, considerando las diferentes tipologías de viviendas y los datos procedentes de fuentes catastrales. En el apartado tres, se presentan los datos correspondientes a superficies ocupadas por invernaderos según fuentes estadísticas, lo que nos permite comparar los datos de digitalización obtenidos por nosotros. Y finalmente el punto cuatro se dedica a los impactos medio-ambientales que ocasiona el sellado de suelos en el área de estudio. Se analizan los impactos: (i) derivados de las superficies construidas (especialmente los impactos relacionados con las inundaciones); (ii) derivados de la instalación de los invernaderos; (iii) los impactos en el paisaje; (iv) en el Mar Menor, en donde vierte la comarca de manera natural; y (iv) finalmente, se mencionan los impactos que el cambio climático puede ocasionar en la comarca como consecuencia del sellado existente.

5. En el capitulo quinto se presentan las conclusiones más relevantes del estudio, así como algunas recomendaciones.

6. En el capítulo sexto se indican todas las referencias bibliográficas que están referenciadas en el texto, así como las referencias webs consultadas y referenciadas.

7. Finalmente, el capitulo séptimo es de los anexos, en donde se han incluido dos tablas con las investigaciones, que nosotros hemos encontrado más relevantes, relacionadas con el sellado de suelos, tanto a nivel internacional (Tabla 1) como nacional (Tabla 2).

CAPÍTULO II

ÁREA DE ESTUDIO

I. AREA DE ESTUDIO

1. Delimitación del área de estudio

El área de estudio se encuentra formando un rectángulo con vértices a 37º 40´ y 37º55´ de latitud Norte y 0º 45´ y 1º 20´ de longitud Oeste, pertenece a la Región de Murcia (sureste de España) y es popularmente conocida como la "Comarca del Campo de Cartagena-Mar Menor" (Figura 2.1).

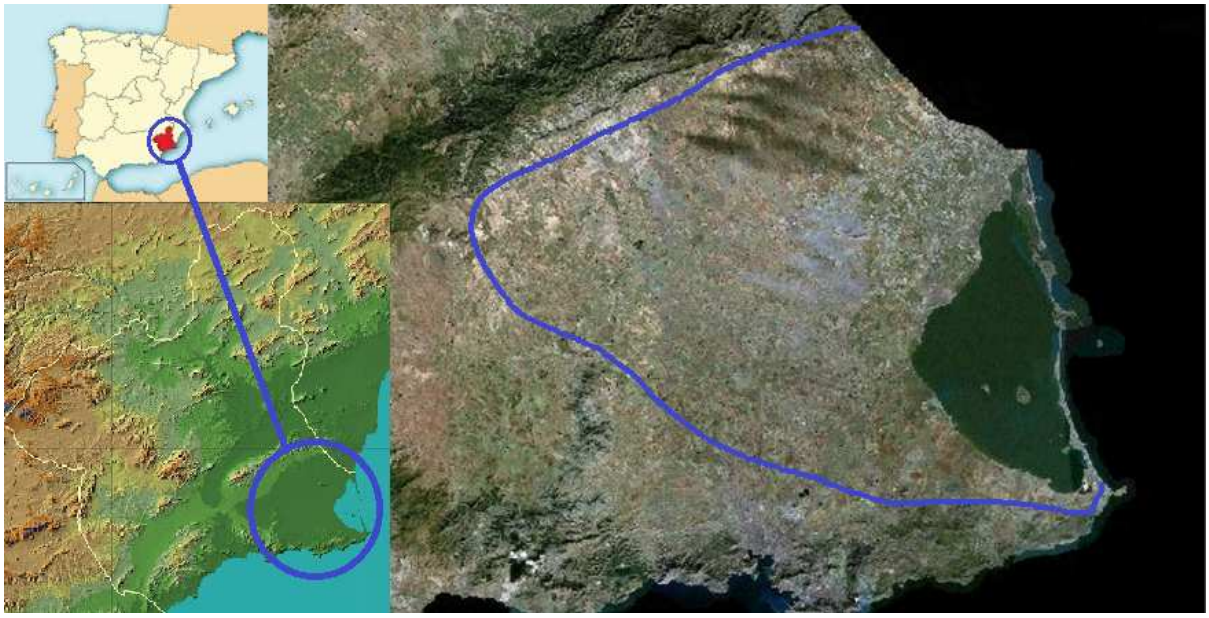


Figura 2.1. Localización del área de estudio.

La Comarca del Campo de Cartagena-Mar Menor (CCCMM) constituye una unidad desde el punto de vista geográfico, aunque desde el punto de vista administrativo, queda estructurada dentro de dos comarcas: (I) la comarca del Mar Menor y (II) la del Campo de Cartagena. (I) La Comarca del Mar Menor quedó definida en la propuesta de comarcas aprobada por el Consejo Regional de Murcia en 1980, aunque dicha proposición no llegó a oficializarse. De acuerdo con dicha moción, la comarca estaría compuesta por los municipios de Los Alcázares, San Javier, San Pedro del Pinatar y Torre Pacheco. Situada junto al Mar Menor, en la parte oriental de la comunidad autónoma. El nombre de la comarca hace referencia al Mar Menor que baña la costa de tres de los cuatro municipios. (II) La comarca del Campo de Cartagena está formada por los municipios de Cartagena, La Unión y Fuente Álamo.

En nuestro caso, el área de estudio comprende los municipios de: Los Alcázares, San Javier, San Pedro del Pinatar, Torre Pacheco, sector Nororiental del municipio de Cartagena y sector Suroriental del municipio de Murcia (Figura 2.2). En definitiva se trata de toda la superficie vertiente al Mar Menor.

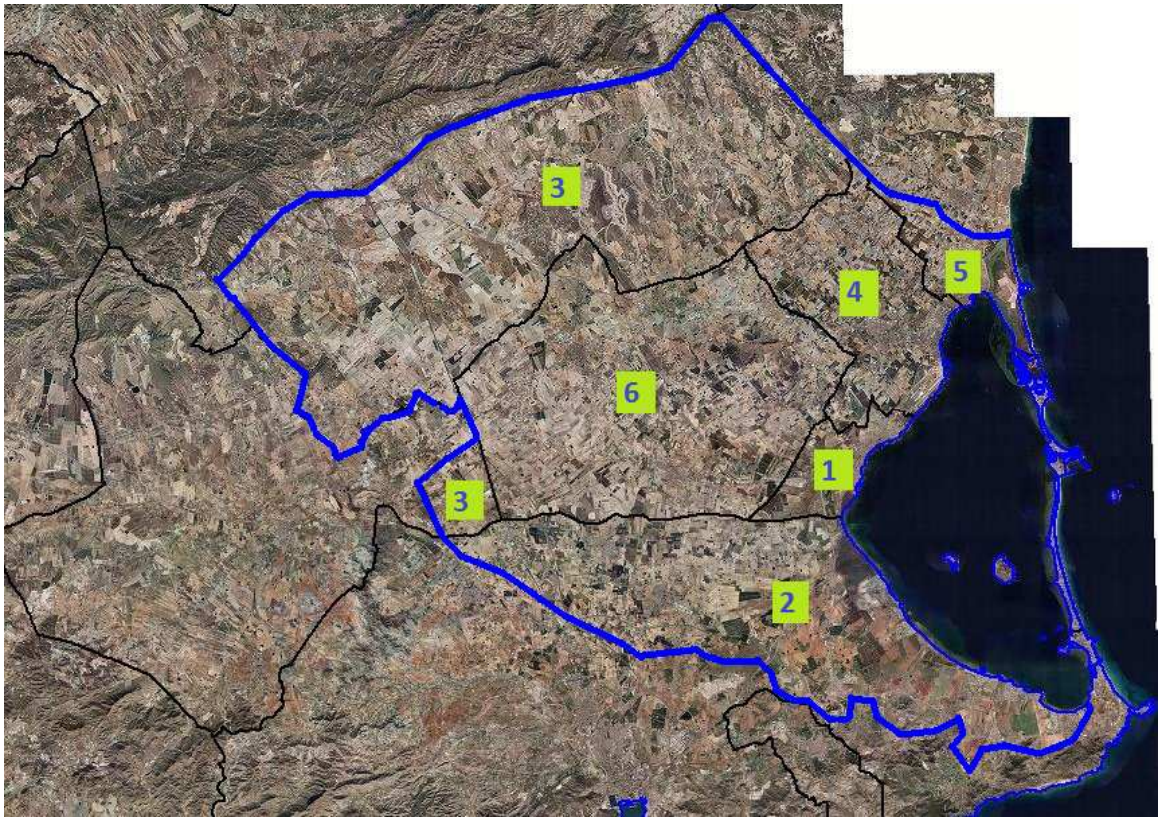


Figura 2.2. Localización de los términos municipales del área de estudio en la comarca del Mar Menor. 1= Los Alcázares, 2= Cartagena, 3=Murcia, 4= San Javier, 5= San Pedro del Pinatar, 6= Torre Pacheco.

Se ha seleccionado el área correspondiente a la Figura 2.2, por incluir la totalidad de los municipios que bañan o bañaban el Mar Menor y el los que se ha producido de forma significativa un gran desarrollo del sellado basado en dos sectores fundamentales para el desarrollo de la comarca, el agrícola y el turístico.

2. Características generales del área de estudio

La comarca analizada de sitúa en las riberas del Mar Menor, en la parte oriental de la Comunidad Autónoma de Murcia y posee una extensión aproximada de 30.500 ha y una población de 107.088 habitantes (INE 2012) (Tabla 2.1.).

Tabla 2.1. Superficie y habitantes de la comarca de estudio

	Superficie km^2	Habitantes 1981	Habitantes 2012
Alcázares, Los	19,8	-	16.251
Cartagena[3]	198,5[2]	19.788[1]	35.696
Murcia[3]	295,2[2]	5.933[1]	6.052
San Javier	75,1	12.500	32.641
San Pedro del Pinatar	22,3	8.959	24.285
Torre-Pacheco	189,4	15.896	33.911
Región de Murcia	11.313	957.903	1.474.449

[1] Datos estimados correspondientes a las pedanías de los Ayuntamientos de Cartagena y Murcia que se encuentran dentro del área de estudio. **(10) ,(11).**

[2] Superficie correspondiente a la parte de los municipios de Cartagena y Murcia incluida en el área de estudio. (Medición realizada con CARTOMUR).

[3] Datos correspondientes al municipio completo.

2.1. Topografía y geomorfología

La CCCMM constituye una amplia planicie con pequeña inclinación (que no supera el 10 %) hacia el sureste, vertiente al Mar Menor (albufera cerrada al mar Mediterráneo por la restinga de La Manga). Esta superficie queda rodeada por pequeñas elevaciones montañosas, destacando en su interior, algunos cerros y cabezos de escasa altitud como son el Cabezo Gordo (312 m), y mas al sur junto al Mar Menor, El Carmolí (117 m). El 80% de la superficie corresponde a una llanura, y el resto a los relieves montañosos que circundan y enmarcan dicha llanura, entre las que destacan (de norte a sur) las Sierras de Carrascoy, La fausilla, Gorda, La Muela, Algarrobo y La Unión, Columbares, Los Villares, del Puerto y las sierras litorales que van desde Cabo de Palos hasta Cartagena.

Las características topográficas más representativas de la comarca se pueden enumerar según Conesa García (1989) en las siguientes:

1. La enorme extensión que ocupan las tierras llanas.
2. La variedad del relieve, marcada por una vasta llanura prelitoral y zonas marginales montañosas, desigualmente distribuidas al N y al S.

3. La altitud baja de las tierras, ya que por término medio apenas alcanzan los 154 m de altura sobre el nivel del mar.
4. El acusado contraste entre las unidades montañosas desnudas por la erosión que bordean el Campo de Cartagena y las áreas de depósito de materiales erosionados que coronan el relleno de la cuenca del Mar Menor.

Desde un punto de vista geomorfológico el Campo de Cartagena, se ha configurado a favor de los extensos piedemontes que se desarrollan al pié de la Sierra de Carrascoy, y que llegan a alcanzar una extensión de casi 30 km en su zona más amplia. El piedemonte de la vertiente sur de Carrascoy se encuentra escalonado como consecuencia del encajamiento distal de los cuatro sistemas de abanicos aluviales (Somoza et al., 1989) en respuesta a la elevación tectónica de Carrascoy. En la actualidad el eje de la Depresión es recorrido por la Rambla de Fuente Álamo y su continuación en la Rambla del Albujón, que vierte directamente al Mar Menor. Por otro lado, los frentes montañosos que la limitan son muy irregulares, lo que indica su escaso o nulo grado de actividad tectónica cuaternaria.

El relieve está marcado por una fuerte componente lito-estructural, estando caracterizado por el desarrollo de relieves tabulares y pseudo-tabulares a favor de los niveles encostrados de las superficies deposicionales Plio-pleistocenas y abanicos aluviales Pleistocenos (Alonso Zarza et al., 1998). Esas superficies, actualmente fósiles, se encuentran disectadas por los sistemas de ramblas que drenan directamente a la del Albujón, aunque las más orientales presentan acodamientos anómalos antes de su confluencia, vertiendo directamente al Mar Menor. Las mayores en la zona son las Rambla de Corvera y Los Jurados al Oeste y las de los ríos Seco y Nacimiento al Este. Sus desembocaduras se encuentran muy “difuminadas” o poco dibujadas en el relieve, formando “abanicos aluviales coalescentes”, en las que actualmente se encaja modestamente la rambla de Fuente Álamo - Albujón. Cabe mencionar que, excepto las de los Jurados y Corvera, el resto de las ramblas poseen cabeceras muy reducidas, casi testimoniales las situadas más al Este que arrancan desde la propia Sierra de Escalona (Romero Díaz y Belmonte Serrato, 2011).

Las formaciones superficiales dominantes son las costras calizas (caliche) que pueden llegar a alcanzar espesores entorno a los dos metros. Estas son formaciones edáficas que se superponen a los materiales aluviales del techo de piedemontes de la sierra de Carrascoy, que pueden llegar a alcanzar potencias considerables. Estos materiales aluviales tienen granulometría gruesa (tamaño grava y arena) en las zonas más

proximales. Por el contrario, son los detríticos, de tamaño limo y arcilla los que dominan la zona axial entorno de la Rambla de Fuente Álamo – Albujón (Romero Díaz y Belmonte Serrato, 2011).

2.2. Geología

La Región de Murcia y, por tanto, el Campo de Cartagena, se inserta en el dominio morfoestructural de las Cordilleras Béticas (Figura 2.3), en su sector oriental. Estas cordilleras tienen una gran complejidad, tanto desde un punto de vista estratigráfico, como tectónico o litológico, ya mencionado por Fallot (1948). Constituyen un conjunto montañoso que se extiende por el Sur y Sureste de la Península Ibérica, desde el Golfo de Cádiz hasta la comunidad valenciana en sus costas meridionales y que limita al sur con el Mediterráneo y por el norte con la depresión del Guadalquivir, borde meridional de la Mancha y el extremo meridional de la Cordillera Ibérica.

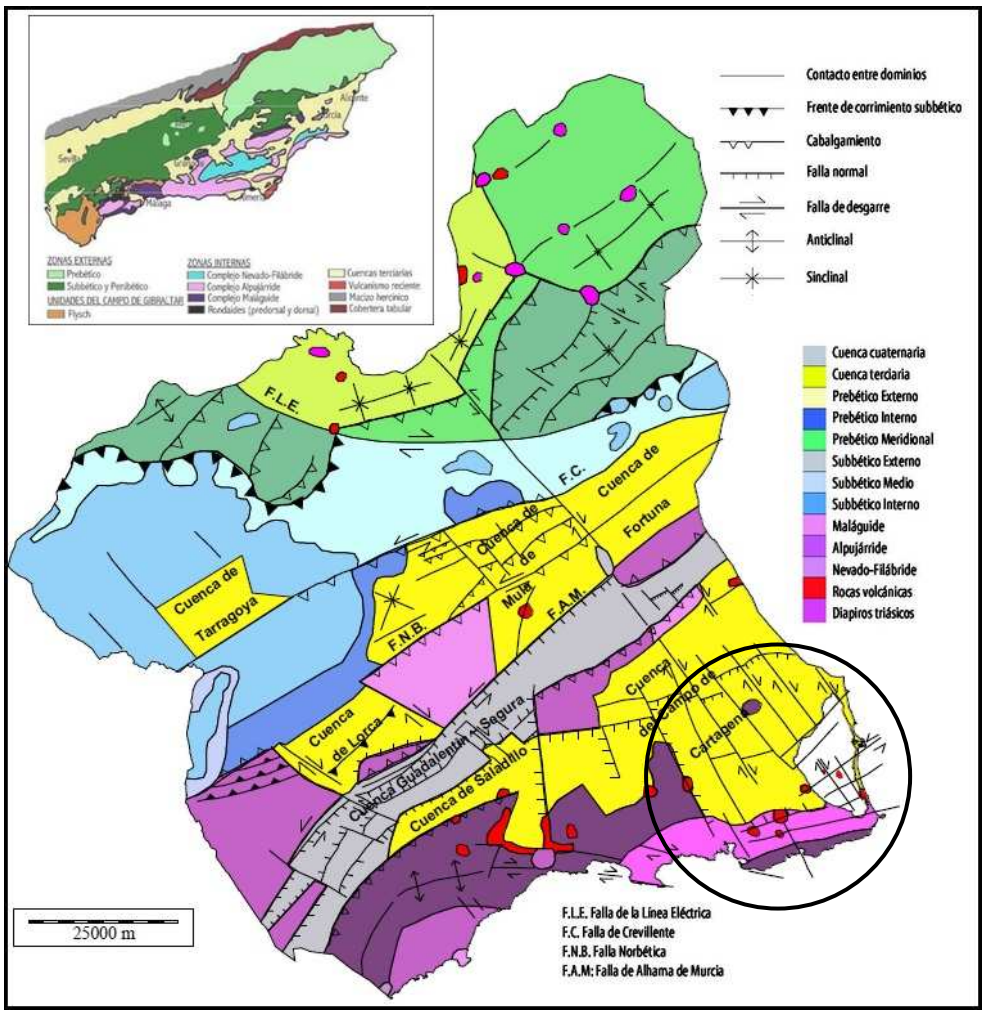


Figura 2.3. Mapa Geológico de la Región de Murcia. Fuente: Rodríguez Estrella (2007)

En la historia geológica reciente de la comarca caben reseñarse dos importantes periodos geológicos: El Tortoriense y el Plioceno. Estos dos periodos, combinados con episodios de transgresión y regresión marina en el Cuaternario, han determinado la actual configuración morfológica del área.



Figura 2.4. Imagen oblicua de parte de la CCCMM y la laguna del Mar Menor cerrada por La Manga. Fuente: http://www.tercerainformacion.es/articulo/actualidad/2016/07/12/

En el Tortoniense, tuvo lugar una gran transgresión marina que cubriría toda la llanura actual del Campo de Cartagena - Mar Menor, quedando como única área emergida, el Cabezo Gordo, en su parte más elevada. El relieve resultante, sería el de una costa irregular con entrantes y salientes en forma de reducidas rías en dirección OSO-ENE.

Tras sucesivas transgresiones y regresiones marinas intramiocenas, se llega al segundo gran periodo en la configuración actual de esta comarca, el Plioceno. En el Plioceno tuvo lugar el cerramiento del Mar Menor (Figura 2.4.), previo al cual habría existido una fase volcánica, que dio origen a algunos relieves bajos que estructuró la zona marina en un pequeño archipiélago de profundidades escasas. Con posterioridad, el área de estudio sufrió un hundimiento tectónico que afectó a los estratos paleozoicos depositados y una elevación de los márgenes externos, quedando configurada esta área como una llanura neógeno-cuaternaria de pendientes muy suaves que oscilan entre el 0 y 10 % de desnivel y con, con una orografía que enmarca las tierras emergidas adyacentes constituida por unidades montañosas de

escasa altitud, mencionadas con anterioridad (IEA 2011). La llanura, en ocasiones, está interrumpida por elevaciones modestas del terreno, denominadas localmente "cabezos", como el Cabezo Gordo o el Cabezo Mingote, y algunos conos de volcanes ya extintos, como El Carmolí.

En la CCCMM se pueden distinguir los tres complejos tectónicos del Bético interno (Figura 2.5): (I) Nevado-Filábride, (II) Alpujárride y (III) Maláguide.

- (I) El Nevado Filábride, está constituido por un potente tramo basal de micaesquistos, cuarcitas y gneises del Paleozoico, sobre el que descansa otro carbonatado de mármoles triásicos de color crema. Aflora en las sierras de Los Victorias y La Fuente, así como en el Cabezo Gordo (horst tectónico que destaca sobre la llanura del campo de Cartagena).
- (II) El Alpujárride aflora en las sierras de La Muela, Pelayo, Gorda, parte de la Sierra de Carrascoy y las formaciones montañosas litorales del Sur de la Región de Murcia, (desde Águilas a La Unión). El complejo Alpujárride está compuesto por terrenos paleozoicos y triásicos, con metamorfismo de intensidad variable. Predominan los esquistos, cuarcitas, filitas y, sobre todo, calizas y dolomías, siendo frecuentes las intrusiones de diabasas. En su formación carbonatada se da una de las acumulaciones metalíferas más importantes de la Sierra Minera de Cartagena y La Unión (Guillen y Del Ramo, 2006).
- (III) El Maláguide sólo está representado en un pequeño sector de la sierra de Carrascoy y definido por un tramo inferior de argilitas rojas y cuarcitas del Pérmico y otro superior de dolomías grises del Trias.

La depresión, con fuerte subsidencia desde el Plioceno, conserva, además de los sedimentos cuaternarios que la cubren, un importante relleno neógeno margoso de más de 1.000 m de espesor, formado por conglomerados (hasta 500 m en el Tortoniense), calizas (100 m en el Messiniense) y areniscas (30 m en el Plioceno).

Los materiales terciarios constituyen, a grandes rasgos, un sinclinorio que reposa de manera discordante y en posición subhorizontal, sobre una estructura en bloques, como el cabezo Gordo (emergido) y Riquelme (sumergido), derivada de la acción de una serie de fallas de direcciones N 45 W (fallas de Fuente Álamo-La Murta, Lobosillo, Roldán, Balsicas-Los Urrútias, Avileses-san Cayetano y Sucina-San Javier), NE-SW (falla de Santiago de la Ribera y W-E (fallas de Valladolises, Lo Romero, Los Martínez y Río seco), que han condicionado los depósitos durante el Messiniense, el Plioceno e incluso el Cuaternario.

Es importante destacar como en el Campo de Cartagena se desarrolló uno de los episodios más recientes de vulcanismo de la Península Ibérica. Durante el Mioceno superior (hace unos 7 millones de años), se produjeron numerosas erupciones volcánicas en toda la zona, de las que son restos las islas existentes en el interior del Mar Menor, lsla Grosa o El CarmolÍ. Las erupciones se prolongaron hasta hace sólo 1 millón de años, durante el Pleistoceno, donde se produjeron las últimas erupciones en el noroeste del campo de Cartagena (Cabezo Negro de Tallante). Los afloramientos volcánicos están formados por rocas basálticas alcalinas. Se trata de coladas de relativa escasa potencia y piroclastos localizados en los alrededores de la emisión, donde estos materiales efusivos están interestratificados con abanicos aluviales del Pleistoceno superior (Dumas, 1969).

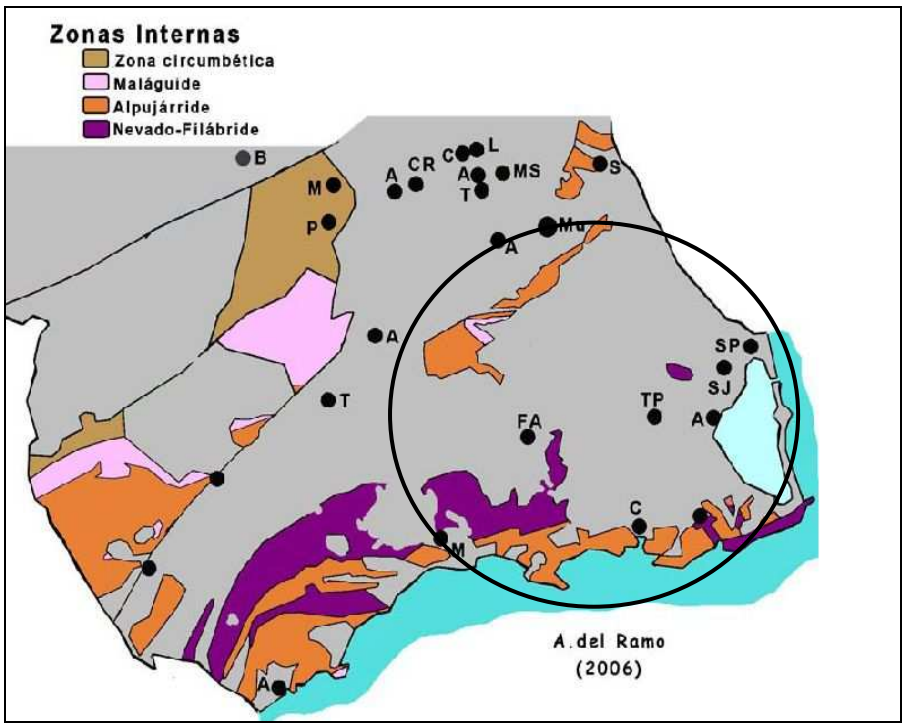


Figura 2.5. Zonas internas en el campo de Cartagena, Fuente: Guillen del Ramo (2006). Las letras mayúsculas se corresponden con las iniciales de las poblaciones.

2.3. Clima

La CCCMM según el MAPA (1982) se puede caracterizar con un tipo de clima, que varía entre el Mediterráneo Subtropical y el Mediterráneo marítimo, siendo los valores medios de sus variables climáticas los que se recogen en la Tabla 2.2.

Los valores citados en la tabla 2.2 definen la comarca, según la clasificación agroclimática de J. Papadakis, con inviernos tipo citrus y veranos tipo Algodón-Arroz. :(I) En cuanto al régimen de humedad, lo definen como Mediterráneo seco. Dentro de la potencialidad agroclimática, la zona queda comprendida entre los valores 0-10 del índice de C.A. (Índice de potencialidad agrícola) de L.Turc en secano y 50-60 en regadío, lo que equivale a unas 6 Tm. de M.S. /Ha y año, en secano y 30-60 en regadío.

Pero lo que verdaderamente caracteriza a la comarca estudiada es su clima templado según sus valores medios anuales, aunque sus veranos son calurosos y sus inviernos suaves y acompañados de una pluviosidad escasa (250-350 mm/año) (Figura 2.6), aunque esta lluvia, en la mayoría de los casos no se reparte de forma homogénea a lo largo del año. Una de las características de las precipitaciones es su estacionalidad (otoño y primavera), épocas donde es fácil encontrarse con el fenómeno de lluvias torrenciales, ocasionadas por DANAs (Depresión Aislada en los Niveles Altos de la Atmósfera), fenómeno recurrente y aleatorio, que abarca espacios desiguales. Este tipo de episodios atmosféricos se produce cuando la nubosidad cuneiforme del sector oriental provoca un embolsamiento de aire frío centrado en el Mar de Alborán y estrecho de Gibraltar. Sobre el Sistema Ibérico y sureste del Mar Menor proliferan las células convectivas tormentosas de gran desarrollo vertical con resultado de intensos aguaceros que descargan gran cantidad de agua en tiempos reducidos.

Tabla 2.2. Datos climáticos del área de estudio. Fuente: MAPA (1982)

Variable climática	**Valor**
Temperatura media anual	16-18º C
Temperatura media del mes más frío	8-12º C
Temperatura media del mes más calido	24-28º C
Duración media de las helada	0-4 meses
ETP media anual	900-1100 mm
Precipitación media anual	250-350 mm
Déficit medio anual	600-700 mm
Duración media del periodo seco	5-7 meses
Precipitación de invierno	30%
Precipitación de primavera	25%
Precipitación de otoño	37%
Humedad relativa media anual	61-62%
Número de horas de sol al año	2600-2800
Días anuales de tormenta	10

Existen una serie de factores que en conjunción van a dar lugar al proceso de DANA, generando el proceso precipitación avenida-inundación. Estos factores según Capel Molina (1974) son:

1. Estructura del relieve. El relieve que delimita la comarca, con obstáculos, que van desde los 1000 a los 800 m. de altitud bordeando las llanuras litorales (Carrascoy, Columbares y Almenara), hasta los 1.200, 1.550 m, un poco mas hacia el interior (Espuña y Abanilla), lo que favorece el ascenso forzado de las masas de aire húmedo marítimo mediterráneo empujado por los vientos de Levante. Esto da lugar a fuertes aguaceros en las zonas cercanas a la costa y a un rápido desagüe por los cauces de las numerosas ramblas hacia el mar.
2. Las altas temperaturas de las masas de agua del mediterráneo en superficie, al finalizar el estío y los comienzos del otoño, da lugar a una fuerte capacidad higrométrica del aire ascendente.
3. Interrupción de aire frío en altura, desencadenante de las lluvias.

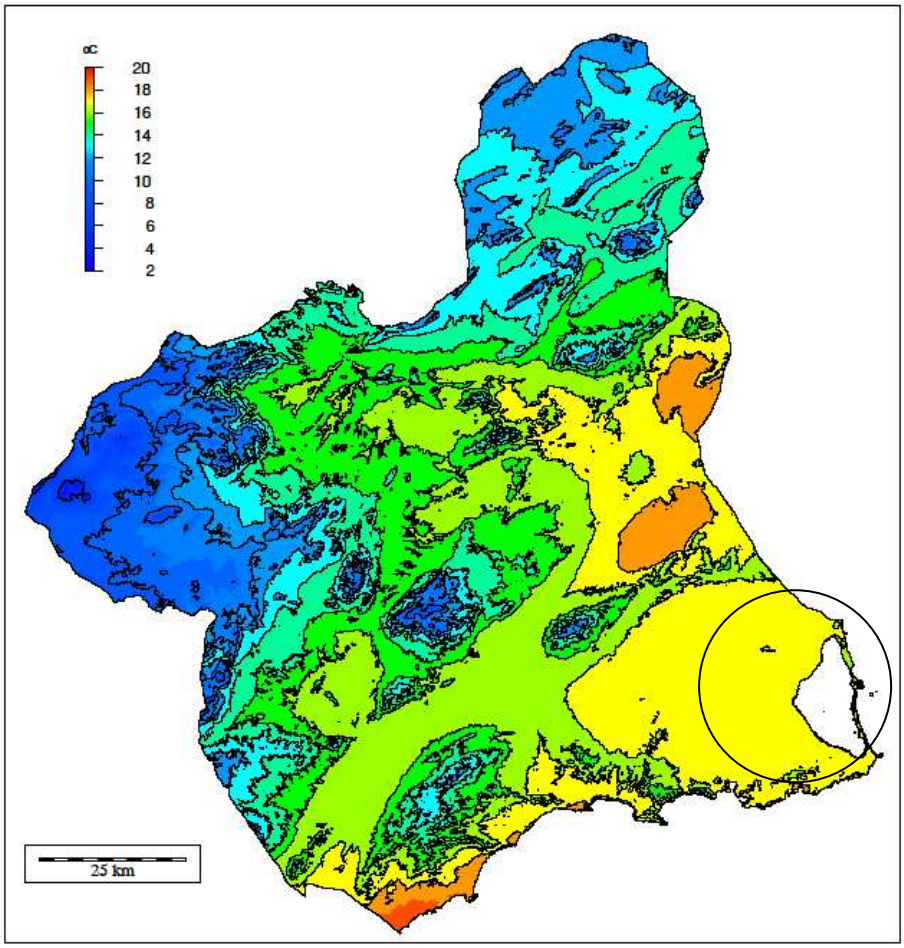


Figura 2.6. Temperatura media anual. Fuente: Alonso Sarría (2007).

Las precipitaciones medias anuales de la comarca se pueden observar gráficamente en la Figura 2.7. Es la irregularidad de las mismas. es uno de los factores más destacados. Son frecuentes los años con precipitaciones inferiores a 200 mm o, por el contrario, días en los que en pocas horas pueden caer caen más de 150 mm, ocasionando, con frecuencia, escorrentías e inundaciones con grandes pérdidas económicas y, en ocasiones, humanas. Las precipitaciones torrenciales (Figura 2.8) constituyen un fenómeno reiterativo en la costa mediterránea española y, por supuesto, lo es también del Campo de Cartagena. Son de mencionar las numerosas avenidas producidas en l comarca y tratadas en capítulos posteriores.

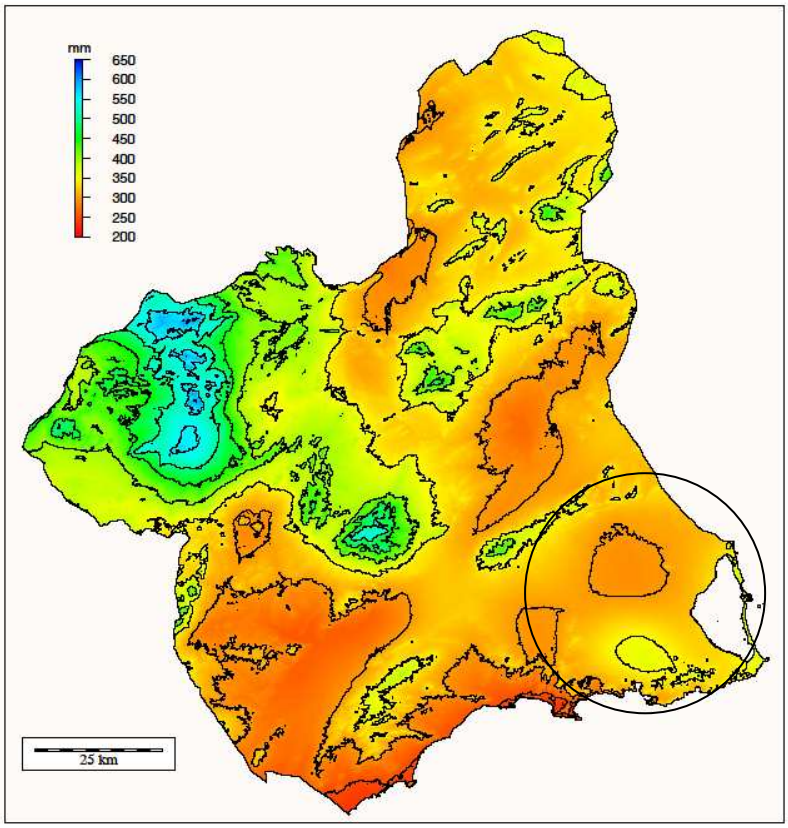


Figura 2.7. Precipitaciones medias anuales. Fuente: Alonso Sarría (2007).

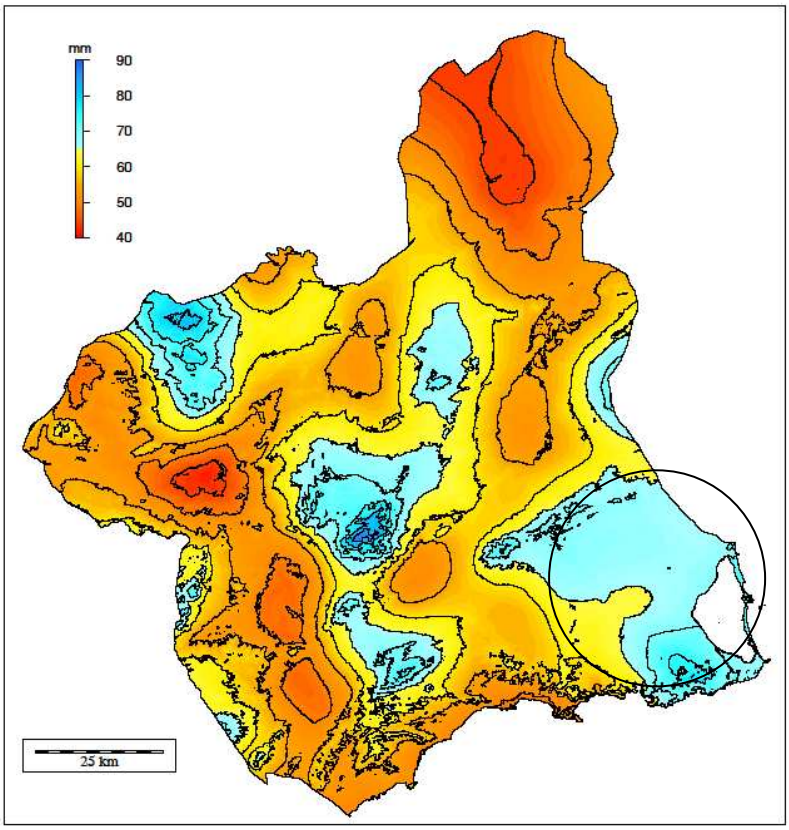


Figura 2.8. Precipitación máxima diaria con un periodo de retorno de 20 años.
Fuente: Alonso Sarría (2007)

La CCCMM y la propia laguna del Mar Menor ha asistido a numerosos episodios de lluvias torrenciales generadoras de avenidas que implementadas por el sellado antropogénico de una parte importante del territorio en estudio, suponen la entrada del 80% del caudal de aguas continentales que anualmente entran a la laguna, mezcladas por un porcentaje similar de contaminantes en forma de nutrientes depositados en los cultivos de la cuenca, (nitrógeno inorgánico, fósforo y carbono principalmente) (CREA 2007).

2.4. Suelos

Los suelos del Campo de Cartagena han sido estudiados en detalle por Ortiz Silla (1975) y entre los principales tipos de suelos que tapizan este territorio, siguiendo la clasificación FAO-ISRIC-SICS (1998), se pueden citar los siguientes (Ortiz Silla, 2007) (Figura 2.9):

1. Calcisoles Háplicos (Xerosoles cálcicos)
2. Calcisoles pétricos (Xerosoles petrocálcicos)
3. Regosoles calcáricos (Regosoles calcáricos)
4. Leptosoles líticos (Litosoles)
5. Solonchak gléycos (Sotonchak géticos)
6. Arenosoles calcáricos (Arenosoles álbicos)

Los Calcisoles Háplicos (Xerosoles cálcicos según FAO-UNESCO, 1974) son los que presentan menor número de características diagnósticas, además de las correspondientes al grupo principal de suelos. Se trata de suelos que tienen en profundidad una acumulación de carbonato cálcico en forma de manchas pulverulentas de colores blanquecinos y nódulos más o menos redondeados. Presentan muy buenas aptitudes agrícolas, siendo la mayor limitación de estos suelos el contenido en carbonatos que puede originar efectos de clorosis férrica y fijación de fósforo. En el Campo de Cartagena ocupan más del 80% de la cuenca. A veces, en intima asociación con estos suelos, se encuentran, desarrollados a partir de materiales coluviales de origen metamórfico Calcisoles lúvicos que presentan en profundidad un antiguo horizonte árgico con un marcado color rojizo.

Los Calcisoles pétricos (Xerosoles petrocálcicos según FAO-UNESCO, 1974) son suelos caracterizados por la presencia de un horizonte petrocálcico dentro de los 100 cm desde la superficie. Se encuentran localizados, principalmente sobre depósitos cuaternarios coluviales muy antiguos, constituyendo, en muchas ocasiones, conos de deyección en la base de relieves calizos, que forman superficies de glacis en las que

son frecuentes los procesos de lavado lateral que aportan cantidades importantes de carbonato cálcico al suelo y que dan lugar al desarrollo de un horizonte cálcico muy potente. En nuestra área de estudio ocupan principalmente los piedemontes del reborde montañoso.

Los Regosoles calcáricos (Regosoles calcáricos según FAO-UNESCO, 1974) son suelos formados a partir de materiales no consolidados que se encuentran muy escasamente desarrollados y evolucionados, cuyo único horizonte diagnóstico es un horizonte A ócrico. Su escasa evolución se debe a que sufren importantes procesos de erosión y aporte que mantienen un constante rejuvenecimiento del perfil y que no se puedan dar transformaciones edáficas. La mayor parte de sus características y propiedades están estrechamente relacionadas con la naturaleza del material litológico del que procede lo que puede dar lugar a una gran variabilidad de ellas. Contienen carbonato cálcico, al menos entre los 20 y 50 cm de la superficie del suelo, sin que presenten ninguna otra característica diagnóstica. La fina textura de estos materiales hace que los suelos tengan una escasa permeabilidad, lo que condiciona una elevada escorrentía superficial de las aguas de las escasas lluvias, pero en ocasiones intensas, que caracterizan a la región, provocando importantes procesos erosivos que impiden su evolución. Es uno de los tipos de suelos más abundantes en la Región de Murcia, encontrándose desarrollados, principalmente, a partir de margas neógenas, cretácicas y triásicas, muy frecuentes en el territorio. En el Campo de Cartagena, se encuentran localizados en el sector norte, sobre todo en las inmediaciones de la Sierra del Puerto.

Los Leptosoles líticos (Litosoles según FAO-UNESCO, 1974) se desarrollan, principalmente, a partir de rocas sedimentarias consolidadas (calizas, dolomías, areniscas, conglomerados,...), metamórficas (cuarcitas, esquistos, pizarras,...) y de origen volcánico (andesitas, basaltos, veritas...). Ocupan, generalmente, las zonas con topografía abrupta de las sierras. Constituyen suelos limitados en profundidad por una roca dura continua o material muy calcáreo (carbonato cálcico equivalente mayor del 40%) dentro de los 25 cm. a partir de la superficie o contiene menos del 10% en peso de tierra fina. Aparecen siempre en áreas con pendiente acusada y/o lugares que han sufrido intensos procesos de erosión. En estas condiciones, si el proceso degradativo del suelo continúa, los Leptosoles pueden desaparecer dando lugar a-afloramientos generalizados de la roca subyacente, alcanzando un estado final de degradación prácticamente irreversible. En la CCCMM aparecen en los rebordes montañosos que la delimitan.

Con menor representación superficial están: Solonchak gléycos y Arenosoles calcáricos.

Los Solonchak gléycos (sotonchak gtéicos según FAO-UNESCO, 1974) se localizan en la marina de El Carmolí, Lo Poyo, Calblanque, etc. Son suelos que presentan un horizonte sálico dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo y que no tienen las propiedades características de los materiales flúvicos. Pueden tener un horizonte ócrico, móllico, cálcico, cámbico o gípsico. Aparecen en las zonas halomorfas de los saladares y marjales litorales y en diversas ramblas que atraviesan materiales litológicos formados por margas, ricas en evaporitas. Es frecuente que en periodos de fuerte evaporación, especialmente en la estación estival, las sales se acumulen en la superficie del suelo, provocando la formación de eflorescéncias blancas y, a veces, una verdadera costra salina.

Respecto a los Arenosoles calcáricos (Arenosoles álbicos según FAO-UNESCO, 1974) se trata de suelos que tienen una textura franco arenosa o más gruesa, hasta una profundidad de 100 cm a partir de la superficie, sin otros horizontes diagnósticos más que un horizonte A ócrico. Están caracterizados por su escasa o nula evolución y un perfil prácticamente indiferenciado con un delgado horizonte A, con muy baja incorporación de materia orgánica, sobre un material arenoso totalmente suelto y sin ninguna cohesión entre sus partículas. Son suelos muy permeables y con escasa capacidad de retención de agua, lo que origina que las plantas se vean sometidas a estrés hídrico. La elevada porosidad de estos suelos repercute en una gran facilidad de aireación que favorece la oxidación y rápida mineralización de la materia orgánica. Tienen una gran susceptibilidad ante los procesos erosivos, especialmente de erosión eólica, si no son fijados por una adecuada cobertura vegetal, como ocurre con las dunas móviles. Se encuentran, fundamentalmente, en las playas y barras litorales de La Manga del Mar Menor y Calblanque. Generalmente estos sedimentos eólicos tienen un apreciable contenido en carbonato cálcico equivalente, por lo que se incluyen en la unidad taxómica de los Arenosoles calcáricos.

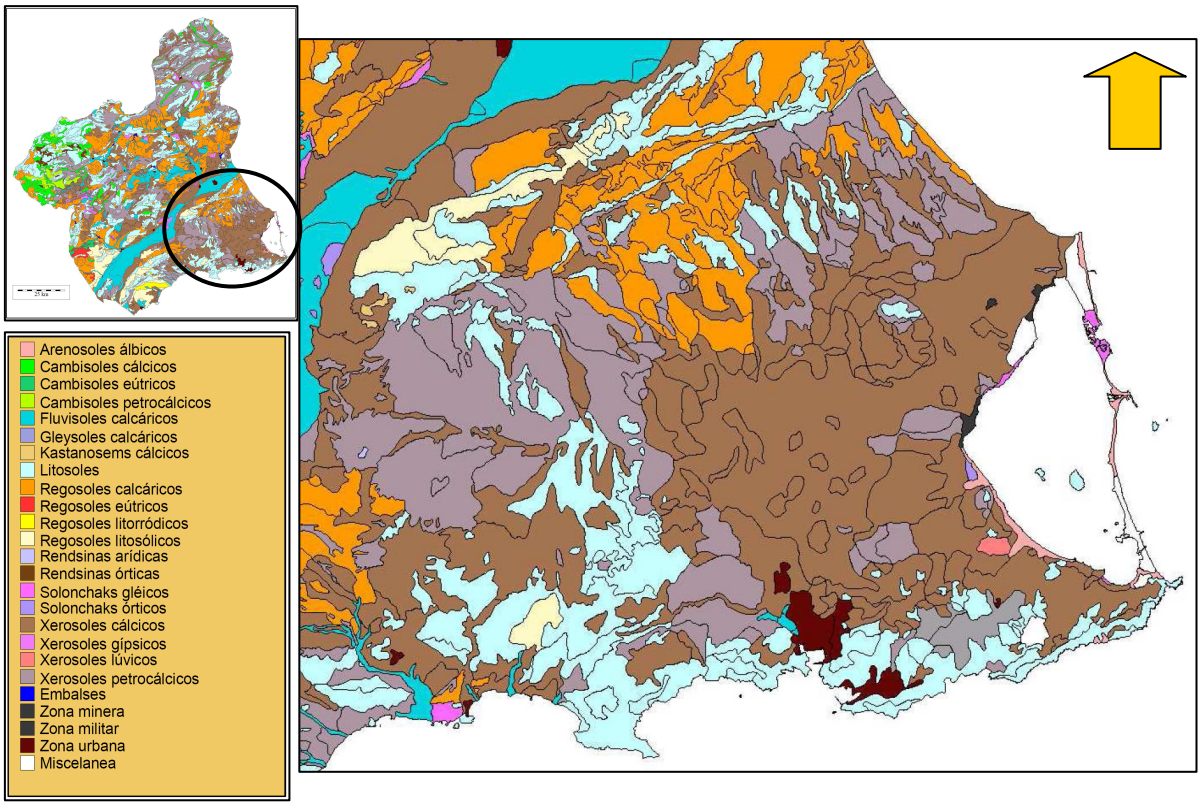


Figura 2.9. Mapa de suelos. Fuente: Ortíz Silla (2007).

2.5. Aguas superficiales

La comarca del Mar Menor, desde el punto de vista hidrológico, está estructurada por una serie de cuencas que corresponden a cauces esporádicos de ramblas (cauces esporádicos o efímeros con corrientes de régimen temporal) y ramblizos de escasa longitud y que desembocan en la laguna que da nombre a la comarca. Estos cauces, en la mayoría de los casos, no guardan relación entre sí, pues actúan por separado, siendo su única relación el entorno que recorren y el drenaje de sus aguas hacia el Mar Menor. Suelen estar secos la mayor parte del año, pero en ocasiones cobran especial importancia y virulencia Su actuación violenta y torrencial viene determinada por la intensidad de los aguaceros, la accidentalidad del terreno, la escasa permeabilidad de los materiales que componen el terreno de las cuencas sedimentarias que atraviesan y la inexistencia de la cobertera vegetal.

La inexistencia de cursos permanentes de agua en la comarca del Campo de Cartagena es debido a la aridez del clima y su topografía (escasas pendientes y poca elevación de sus relieves). Algunas de las ramblas se extinguen en la llanura al carecer de pendiente y llegan a colmatarse de sedimentos. Otras, por el contrario, vierten sus aguas al Mar Menor o al Mediterráneo.

La intensa transformación agraria que el Campo de Cartagena ha experimentado con la llegada del trasvase Tajo-Segura, ha modificado las tierras originariamente ocupadas en la primera mitad del siglo XX por cereales y viñedos, en superficies hortícolas de producción intensiva y, en ocasiones, ha borrado las escasas huellas de los cauces primitivos aunque, en algunos casos, esos cauces han vuelto a reaparecer debido a los aportes extras de agua en superficie que suponen el sellado de suelos por acción antrópica o a las aguas de drenaje de los regadíos actuales, que ha hecho que, algunas ramblas lleven agua durante todo el año.

En el Campo de Cartagena se pueden diferenciar un total de 24 unidades de drenaje (Figuras 2.10 y 2.11), cuya superficie conjunta es de 1.418 Km² (Conesa García, 1990). De ellas, la de mayor superficie es la Rambla del Albujón, también llamada Rambla de Fuente Álamo, con una extensión de 441,32 Km², lo que representa el 31% de la superficie total del conjunto de cuencas (Tabla 2.3).

Le siguen en extensión las ramblas de La Maraña (154 Km), Miranda (104 Km²), La Perpleja (95,5 Km²), Benipila (72,5 Km²) y Los Dolores (67,5 Km²). El resto son cuencas con dimensiones inferiores a los 50 Km² y, por lo general, tienen sus áreas de alimentación hídrica en las sierras de Cartagena y La Unión.

Según Conesa García (1990), las principales redes de drenaje del área de estudio, se pueden agrupar en: (I) Cuencas nororientales y (II) meridionales:

(I) Las cuencas nororientales:

1. Desde la Sierra de Escalona hasta el Puerto de la Cadena, se extienden las cabeceras de todo un sistema de redes hidrográficas laxas, de desarrollo longitudinal y de escasa pendiente. De Este a Oeste aparece, en primer lugar la Cuenca del Río Seco, seguida a continuación de las pertenecientes a la Rambla del Mirador; Barranco de Grajera, Rambla de la Peraleja, Rambla del Cabezo Gordo, y Rambla de la Maraña. Salvo las Cuencas de la Rambla de la Peraleja y de La Maraña, que tienen una superficie vertiente de 95,5 y 154,5 Km² respectivamente, el resto de este grupo lo componen cuencas de tamaño reducido (23-40,2 Km²) y divisorias generalmente poco definidas.

2. Cuenca de la Rambla del Ciprés-Campoy, se sitúa en el sector central de la mitad norte de la comarca del Campo de Cartagena y marca la transición entre dos sistemas hidrográficos diferenciados. Limita al Este con el sistema de cuencas ya descrito,

caracterizado por divisorias ambiguas, redes simples y cauces generalmente poco profundos; y al Oeste con la cuenca de la Rambla del Albujón. La Rambla del Ciprés recoge la escorrentía procedente de la Sierra del Puerto. Las aguas encauzadas por esta rambla en épocas de avenidas se expanden en las proximidades del paraje conocido como El Jimenado, en un área de arroyamiento incierto.

3. Cuenca de la Rambla del Albujón o Rambla de Fuente Álamo, se localiza en la mitad occidental del Campo de Cartagena y es la cuenca de mayor superficie (441 Km²). Está integrada por una serie de subcuencas, entre las que merecen citarse las Ramblas de la Murta, Cueva del Marqués, Mergajón y Azohía. Es la rambla también de mayor longitud (3,7 Km) y pese a ser unas de las ramblas que ante precipitaciones intensas suele producir inundaciones, tiene un coeficiente de torrencialidad bajo (2,78), en comparación con otras cuencas pequeñas vertientes al Mediterráneo. Posee una amplia cabecera en los relieves de las sierras de Carrascoy, Algarrobo, Lo Alto y las estribaciones alomadas de su límite occidental (Lomas de Butrón y La Pinilla) y cuando entra en la depresión llana, se estrecha considerablemente hasta su desembocadura en el Mar Menor.

(II) Cuencas meridionales vertientes al Mar Menor. Este grupo incluye las cuencas de las ramblas de Miranda, Miedo, Beal, Los Blancos y Carrasquilla. En total suponen 193,7 Km², repartidos desigualmente, ya que más del 53% corresponden a la cuenca de la Rambla de Miranda, el 18% a la cuenca de la Rambla del Miedo, y los 53,6 Km² restantes se distribuyen entre las tres cuencas más meridionales ubicadas entre la Sierra de La Unión y el Mar Menor.

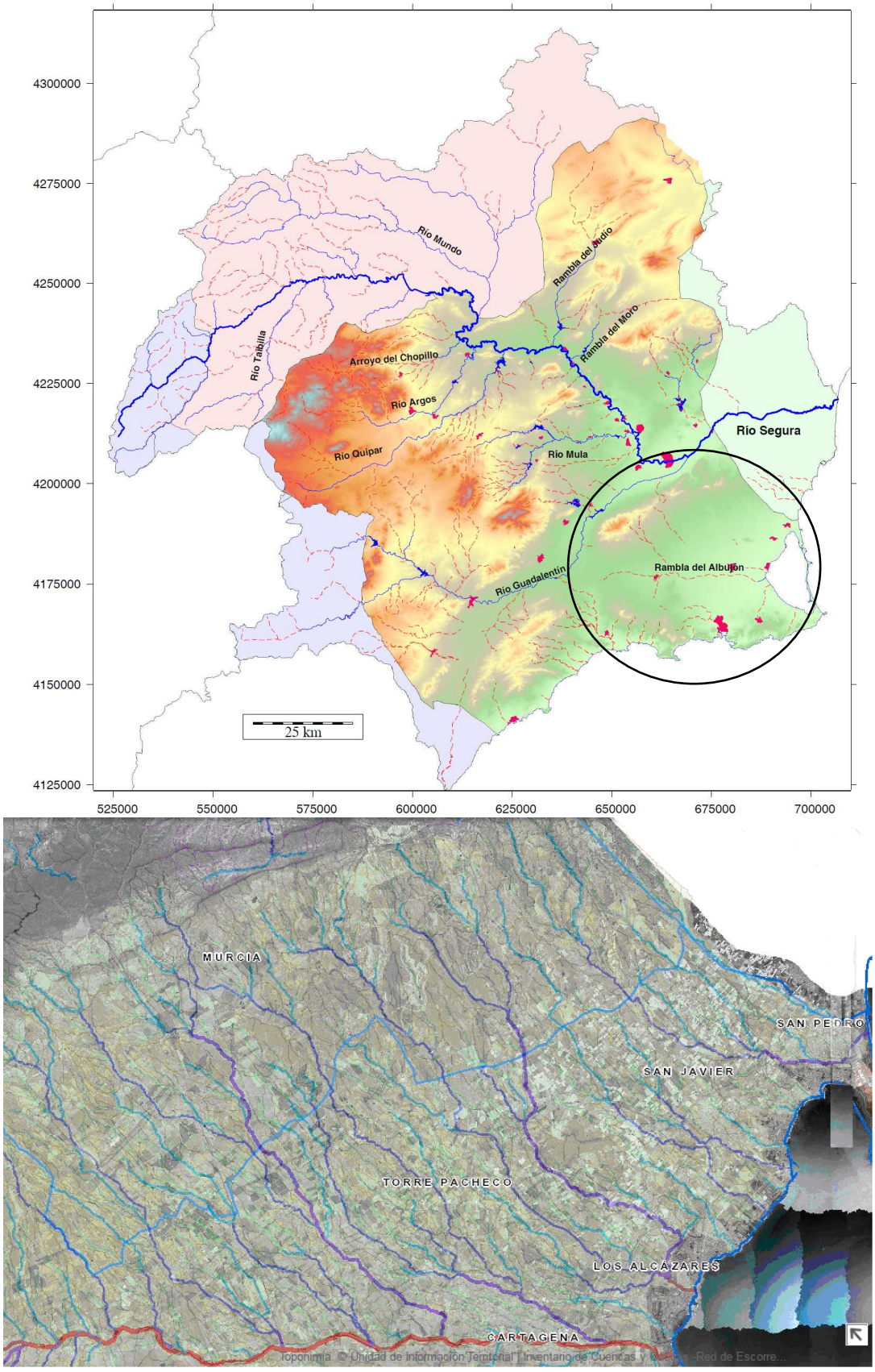


Figura 2.10. Principales unidades de drenaje. Cuencas nororientales. (En rojo la rambla del Albujón). Fuente imagen superior: Belmonte Serrato (2007); Imagen inferior: Sitmurcia (2016).



Figura 2.11. Principales unidades de drenaje. Cuencas meridionales vertientes al Mar Menor (En rojo la rambla del Albujon). Fuente: Sitmurcia (2016)

Tabla 2.3. Ramblas de la Comarca del Campo de Cartagena que drenan al Mar Menor. Fuente: Conesa (1990). *Dd: Densidad de drenaje, Ct: Coeficiente de torrencialidad; Lcp: Longitud del cauce principal.* Todas estas ramblas drenan a la laguna salada del Mar Menor.

Cuenca	Superficie (km²)	Dd*	Ct*	Lcp (Km)*
Rambla del Albujón	441,32	1,87	2,78	43.7
Rambla de La Maraña	154,53	1.96	2,63	29,3
Rambla del Ciprés-Campoy	143,61	1,72	2,74	32,5
Rambla de Miranda	103,92	0,93	0,45	13,4
Rambla de La Perpleja	95,55	1,76	2,18	17,9
Barranco de Grajera	40,09	3,88	8,1 3	15,2
Rambla del Miedo	36,20	2,05	4,50	1 1,8
Rambla de Roda	30,28	0,96	0,57	7,4
Rambla de La Carrasquilla	28,46	2,84	13,07	10,2
Rambla del Mirador	28,27	2,05	2,50	1 1,0
Rambla del Beal	13,23	4,42	26,14	7,3
Rambla de Los Blancos	11,92	3,10	12,99	5,4

2.6. Aguas subterráneas

El campo de Cartagena esta constituido por diferentes acuíferos ubicados en una de las grandes depresiones interiores postectónicas de las Cordilleras Béticas y ocupada por relleno neógeno cuaternario (Figura 2.12), predominantemente margoso con intercalaciones detríticas y calcáreas del Mioceno al Cuaternario que constituyen diferentes niveles acuíferos (Aragón, 1999). La superficie total de la unidad es de 1.450 km² de los que 1.200 km² corresponden a la Región de Murcia. Los límites de la masa quedan definidos por los materiales de baja permeabilidad permotriásicos y neógenos con los que las formaciones de esta unidad contactan lateralmente por medio de accidentes tectónicos, a excepción del sector oriental en el que el límite es el mar Mediterráneo.

Dentro de esta masa se han diferenciado varios acuíferos (ITGE, 1994), entre los que destacan por su importancia los siguientes: (I) acuífero Cuaternario, constituido por 20-150 m de gravas, arenas, limos, arcillas y caliches depositados sobre margas terciarias que actúan como base impermeable; (ll) acuífero Plioceno, formado por areniscas con espesores variables entre 10 y 110 m, limitadas a base y techo por margas del Mioceno superior y Plioceno, respectivamente; (III) acuífero Messiniense, constituido por calizas-bioclásticas, areniscas y arenas, con un espesor medio de 125 m, limitadas a base y techo por margas Tortonienses y Messiniense. Además de estos acuíferos principales existe otro de menor entidad, (IV) el acuífero Tortoniense, que está formado por 150-200 metros de conglomerados poligénicos (sector occidental) y areniscas (sector oriental), situados sobre margas del Mioceno medio; este acuífero se interna bruscamente en el campo de Cartagena por debajo de la potente formación margosa de Torremendo que hace de impermeable de techo. Dada la compleja estructura tectónica interna de esta depresión, el carácter discordante de muchas de sus formaciones y el contacto por el este con el Mar Menor y el Mediterráneo, existe en ciertas zonas una conexión hidráulica entre acuíferos y entre éstos y dichos mares (Aragón, 1999).

La recarga del Campo de Cartagena procede de la infiltración directa del agua de lluvia y de los retornos del riego (concentradas en gran medida en el acuífero Cuaternario), aunque también habría que considerar una posible alimentación lateral desde la Sierra de Cartagena, si bien de escasa magnitud. La descarga se realiza por bombeos (fundamentalmente en los acuíferos Messiniense y Plioceno) y por salidas laterales hacia el Mar Menor y el Mar Mediterráneo (a través del acuífero Cuaternario).

Considerada en su totalidad, la unidad hidrogeológica del campo de Cartagena presenta actualmente un balance para las aguas subterráneas equilibrado entre la recarga y descarga, o incluso positivo (en los últimos años) a favor de las entradas (IGME, 1994), según los diferentes estudios realizados en la ultima década. En el Plan Hidrológico de la cuenca del Segura (CHS, 1997) se define, una situación media de equilibrio entre la recarga total (65 Hm³/año, de los que 15 Hm³/año corresponden a retornos de riego) y la descarga (60 Hm³/año por bombeos en situación climática media, de los que 27 Hm³ /año corresponderían al sector de Los Victorias, y 5 Hm³/año de salidas subterráneas al mar)

Esta situación contrasta fuertemente con la que tenía lugar en los años 70 del siglo pasado, como consecuencia de las intensas explotaciones por bombeo que se producían con anterioridad a la llegada a la zona de las aguas del trasvase Tajo-Segura, llegando a contabilizarse hasta 120 Hm³/año de extracciones.

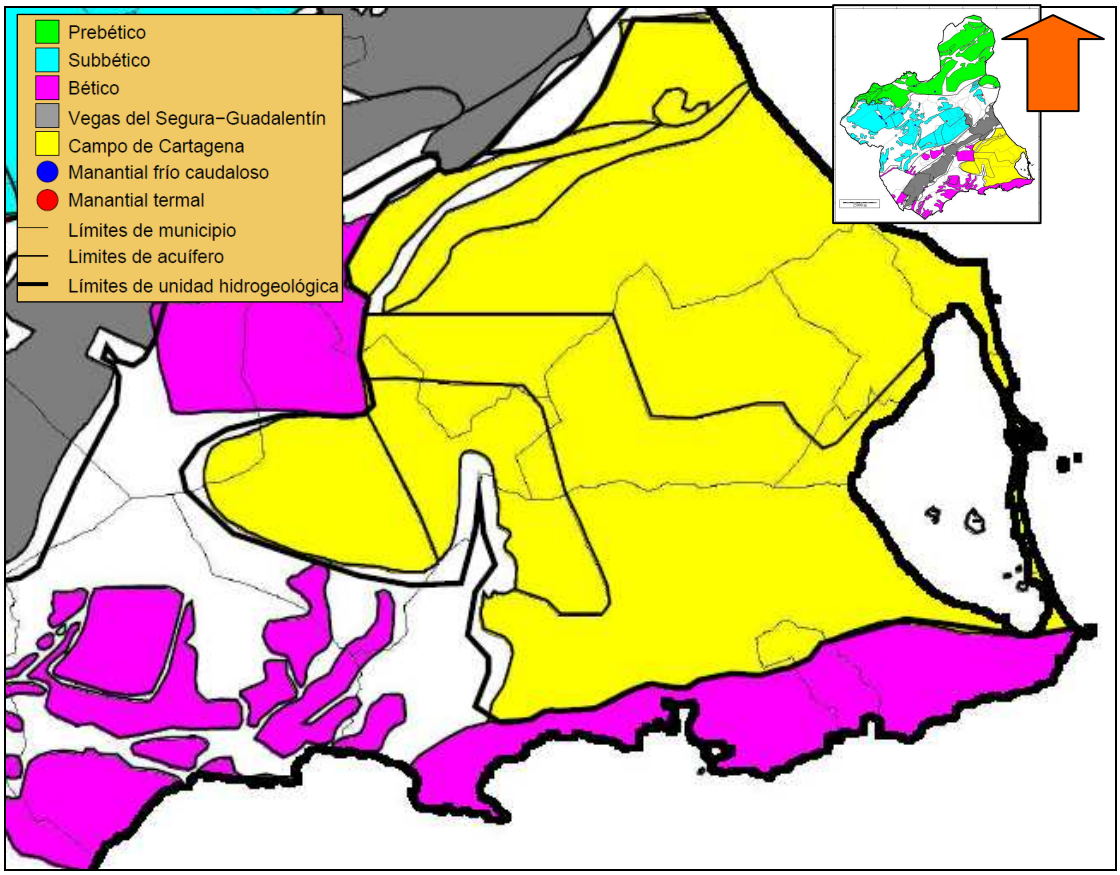


Figura 2.12. Acuíferos de la comarca del Campo de Cartagena-Mar Menor.
Fuente: Rodríguez Estrella (2007)

2.7. Aspectos socioeconómicos

Las características socioeconómicas que presenta la comarca en la actualidad, es la resultante de un largo proceso histórico, pero centrándonos en la historia más reciente, se pueden señalar tres grandes periodos:

- La época medieval, caracterizada por un escaso poblamiento, con desarrollo de la ganadería, especialmente la lanar y la pesca, bajo la constante presión de las incursiones piratas.

- Los Siglos XVI-XIX, en los que se realiza una relativamente exitosa ocupación territorial, coexistiendo diferentes actividades económicas, como eran la pesca, la trashumancia, la agricultura basada en la trilogía mediterránea (cereales, vid y olivos) y el comercio de la barrilla.

- El Siglo XX, que comienza la modernización de la agricultura, tiene lugar un desarrollo progresivo del turismo, siendo estas dos actividades (agricultura y turismo) las bases del desarrollo de la comarca.

A partir de 1936, la comarca fue tomando valor como área de recreo y descanso de familias de Murcia y Cartagena para pasar los veranos en las aguas del Mar Menor. Comienza la carrera por la urbanización de las riberas y contorno de las riberas del Mar Menor.

Hasta la llegada de las aguas del Trasvase Tajo-Segura (TTS), los cultivos predominantes eran de secano, con la excepción de algunos regadíos mantenidos con aguas de pozos. A partir de 1979 con la llegada de las aguas del TTS, la comarca del Campo de Cartagena se ha convertido en una de las agriculturas de regadío más rentables a nivel regional y nacional. La Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena, comprende una superficie de 41.254 ha (Figura 2.13) con 9.506 comuneros, que se extiende por los términos municipales de Cartagena, Fuente Álamo, Los Alcázares, Murcia, San Javier, San Pedro del Pinatar y Torre Pacheco, en la provincia de Murcia, incluyendo también El Pilar de la Horadada en la provincia de Alicante. Se trata de una de las comunidades de regantes más grandes y tecnificadas de Europa.

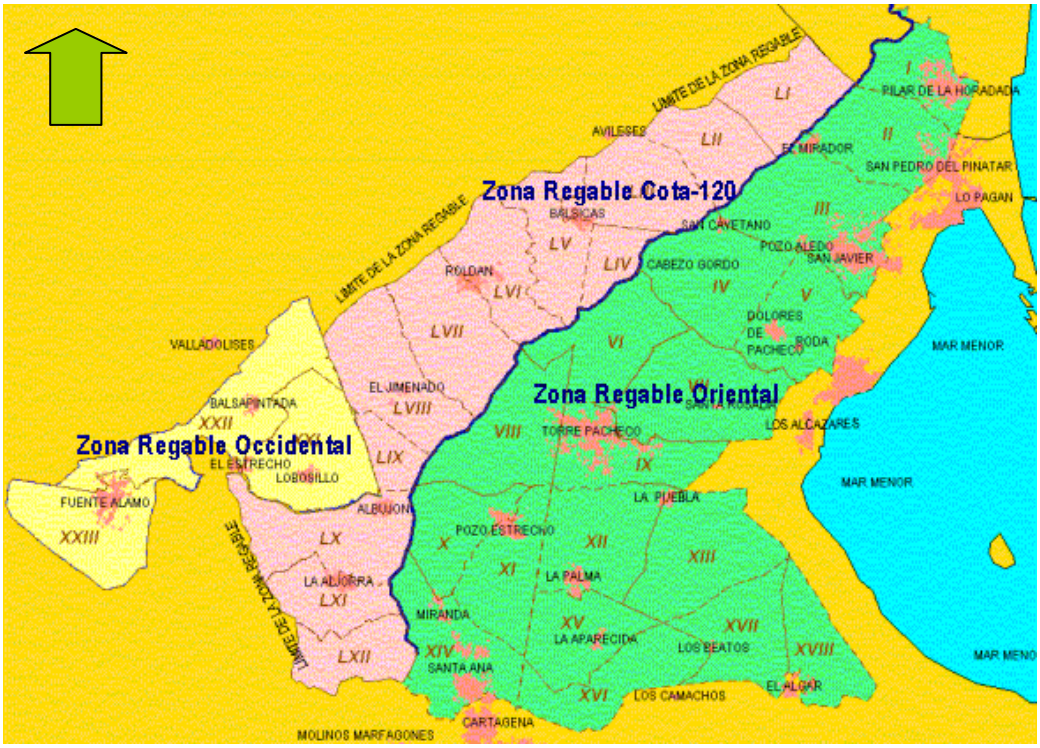


Figura 2.13: Zona regable del Campo de Cartagena. Fuente: CRCC

Los usos del suelo (en especial el uso agrícola y urbano), constituyen los aspectos socioeconómicos más relevantes para esta tesis, por lo que a continuación se muestran algunos datos.

2.7.1. Agricultura

Como ya se ha mencionado, los usos del suelo de la comarca han sufrido una notable trasformación en las últimas décadas, debido fundamentalmente a la llegada del agua del Trasvase Tajo-Segura.

El paisaje actual se caracteriza por la alternancia de secanos (en el oeste) y regadíos (en el centro y este); y dentro del regadío existe una diferenciación entre los cultivos herbáceos (más abundantes en el sector oriental) y arbóreos (predominantes en el sector occidental) (Romero Díaz y Belmonte Serrato, 2011).

Hoy el TTS, ha transformado profundamente las posibilidades agrarias de este Campo al paliar, en gran medida, la escasez de agua de la comarca. El canal del Campo de Cartagena, de 66 km. de longitud, parte del embalse de la Pedrera, terminando en la rambla de Benipila, en las proximidades de Cartagena. La comarca en cuanto a riegos, está constituida por dos zonas: la oriental, con 27.500 ha. potenciales de riego, se extiende por los municipios de San Pedro del Pinatar, San Javier, Los Alcázares, Torre

Pacheco y el noreste de Cartagena, y la occidental, con una superficie útil para riego de 5.300 ha., pertenece a los municipios de Fuente Álamo y Murcia (pedanía de Lobosillo). De los 600 millones de m^3 que según las leyes se iban a trasvasar al año, 122 millones corresponderían a la comarca, pero ningún año ha superado poco más de la mitad de esa cifra (González Ortíz, 2007). El regadío del Campo de Cartagena es el mayor del territorio del trasvase y uno de los más importantes de España en extensión, productividad y nivel de tecnificación. La superficie regable es de 65.844 hectáreas, aunque la realmente regada está entorno a las 34.328. Necesita cada año 223 millones de m^3 de agua (Navarro Leandro, 2011)

En definitiva en la CCCMM (exceptuando las superficies correspondientes a los municipios de Murcia y Cartagena), los cultivos de regadío han experimentado un sustancial incremento.

2.7.2. Crecimiento urbanístico

El crecimiento urbanístico, principalmente ligado al turismo es el sector económico que más ha contribuido a la transformación económica, social y territorial mas reciente de la comarca. En las últimas décadas se ha creado entorno al Mar Menor uno de los complejos turísticos más importantes de España vinculado, además de a Cartagena, a tres municipios: Los Alcázares, San Javier y San Pedro del Pinatar. El modelo turístico del Mar Menor se caracteriza ante todo por la notable concentración de su oferta en la vertiente residencial. La inmensa mayoría son segundas residencias: apartamentos, chalets, bungalows y viviendas en núcleos urbanos. La construcción se ha convertido en la locomotora del crecimiento económico (más de 5.000 nuevas construcciones de media en los últimos años) y la expansión continua de los asentamientos y promociones inmobiliarias es la principal fuente de ingresos de los municipios de la zona. La reciente proliferación de complejos turísticos residenciales y deportivos (Resort), siguiendo el ya clásico modelo de La Manga Club Resort de 1972, pretende desarrollar una oferta turística de mayor calidad y menor estacionalidad. El número de viviendas y su tipología se abordará en un capítulo posterior.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Fuentes de datos

En el presente estudio se ha analizado el sellado del suelo que ha tenido lugar en las últimas décadas (50 años) en la comarca del CCCMM, como consecuencia de: (i) la urbanización masiva, tanto de núcleos urbanos como de urbanizaciones y campos de golf asociados a resorts, (ii) la instalación e incremento de los cultivos bajo invernaderos, y (iii) el crecimiento de las vías de comunicación.

La metodología de esta investigación trata de cumplir los siguientes objetivos:

• Evaluar las superficies construidas, invernaderos y vías de comunicación del área de estudio.

• Analizar la ubicación de las distintas topologías de sellado, objeto de análisis.

• Tratar los datos procedentes de estadísticas oficiales de la Región de Murcia y del Instituto Nacional de Estadística.

• Evaluar los impactos medioambientales que el sellado ha producido

Para ello, en primer lugar, se ha realizado una exhaustiva revisión de la bibliografía existente de los temas abordados, así como de las ortoimágenes que la Comunidad Autónoma de la Región Murcia dispone en su portal Cartomur.

Para el análisis de los estudios de sellado se realizó una búsqueda bibliográfica a través de SCOPUS, con las palabras en inglés “Soil sealing”, en donde aparecieron 1.742 publicaciones. Como es evidente en esta búsqueda la mayoría de los trabajos correspondían a otro tipo de investigaciones cuyo objeto de estudio no era el sellado del suelo de origen antrópico, que nosotros pretendíamos estudiar. Por ello introdujimos en la búsqueda junto con “Soil sealing” “Anthropogenic” y el número de publicaciones en este caso fueron 38. No satisfechos añadimos un nuevo término, “Urbanization”, siendo 62 los trabajos resultantes, y con “Urban sprawl” 31. En definitiva, ninguna de las búsquedas fue efectiva totalmente, por lo que tuvimos que realizar un filtrado de todas ellas. También realizamos una búsqueda en “Web of Science” y finalmente examinamos las referencias de las publicaciones más relevantes. De este modo hemos obtenido la base de datos bibliográfica que hemos utilizado en esta tesis y que figura en el anexo.

Los tipos de documentos, manejados, han sido:

a) Artículos y publicaciones científicas y no científicas
b) Informes y estudios técnicos de organismos oficiales.

c) Fuentes e imágenes digitales e impresas.

En lo que respecta a la legislación se han estudiado normas a nivel mundial, europeo, nacional y regional o autonómico, sobre el suelo, edificación, infraestructuras e invernaderos.

Los medios de comunicación han sido otra fuente de información. Ya que hay temas de gran difusión e interés en los medios, relacionados con esta tesis doctoral, por ejemplo: la relación entre los procesos de urbanización, corrupción a nivel municipal, la importancia del sector de la construcción en España ("economía del ladrillo") y los impactos ambientales generados por el sellado de suelo. Básicamente constituyen temáticas de degradación, especulación del suelo y contaminación, tanto del suelo como de las áreas colindantes (como es el caso del Mar Menor) y sus consecuencias para fuentes de economía y riqueza diversa.

La base cartográfica y digital del estudio se ha obtenido del catalogo de ortofotos disponibles en el Portal Digital del Servicio de Cartografía de la Dirección General de Ordenación del Territorio de la Región de Murcia. De todas las imágenes existentes, se seleccionaron las fechas de 1956, 1981 y 2011. Las de 1956 se corresponden con las primeras imágenes disponibles del vuelo de la USAF, y las de 1981 y 2011 son dos vuelos de buena resolución con un intervalo aproximado de 30 años, aunque el primer periodo de estudio abarca desde 1956 a 1981, y posee una amplitud temporal de 24 años. Por otro lado, el año 2011 coincide con el último censo de población y viviendas, de donde se han obtenido los datos estadísticos.

Se han digitalizado las superficies urbanizadas, invernaderos y vías de comunicación a través de sistemas de tratamiento de Información Geográfica (SIG), siendo el programa gvSIG el seleccionado para tal fin.

Para ello se ha utilizando como base las actuales técnicas de análisis espacial en un entorno SIG: Fotointerpretación, creación de una base de datos de sellado de suelos por diferentes factores antrópicos de la CCCMM y su ubicación y delimitación en el medio natural del área en estudio. Entre todos los procedimientos utilizados destacan los integrados en el análisis espacial a través de los Sistemas de Información Geográfica, tecnologías que conforman ya un aspecto central de la investigación geográfica, un recurso de gran potencia para abordar los enfoques más consolidados en la investigación

geográfica tradicional: generar información espacial, localización de fenómenos y el seguimiento de su dinámica temporal, presente y futura.

Se ha realizado una comparación de datos estadísticos de las últimas décadas a través de los anuarios estadísticos de la Región de Murcia (CREM)

Se han llevado a cabo numerosos trabajos de campo, tanto de comprobación directa de lo observado mediante digitalización, como de toma de fotografías, verificación de fotogramas aéreos facilitados por la Academia General del Aire de San Javier (Murcia), o entrevistas a personas.

A través de la observación del territorio (experiencia propia y visualización de fotografías aéreas) se han podido detectar los cambios sufridos por la acción antrópica en la superficie del área de estudio, así como los efectos medioambientales que estos han producido.

El proceso que se ha seguido en el estudio del sellado de suelo en la CCCM (Figura 3.1), ha sido el siguiente:

1) Identificación de los agentes selladores del suelo más significativos.

2) Recopilación bibliográfica de las temáticas relacionadas con el sellado de suelo: urbano, golf y resort, invernaderos, carreteras.

3) Selección de los intervalos temporales del estudio (1956, 1981 y 2011) en cada uno de los municipios que conforman la comarca analizada.

4) Digitalización de las diferentes tipologías de sellado del suelo a través de ortofotos.

5) Análisis de datos estadísticos oficiales y comparación con los digitalizados.

6) Realización de una cartografía de las áreas selladas en los distintos años, y

7) Análisis de los posibles efectos medioambientales que el sellado del suelo puede producir o produce en la comarca.

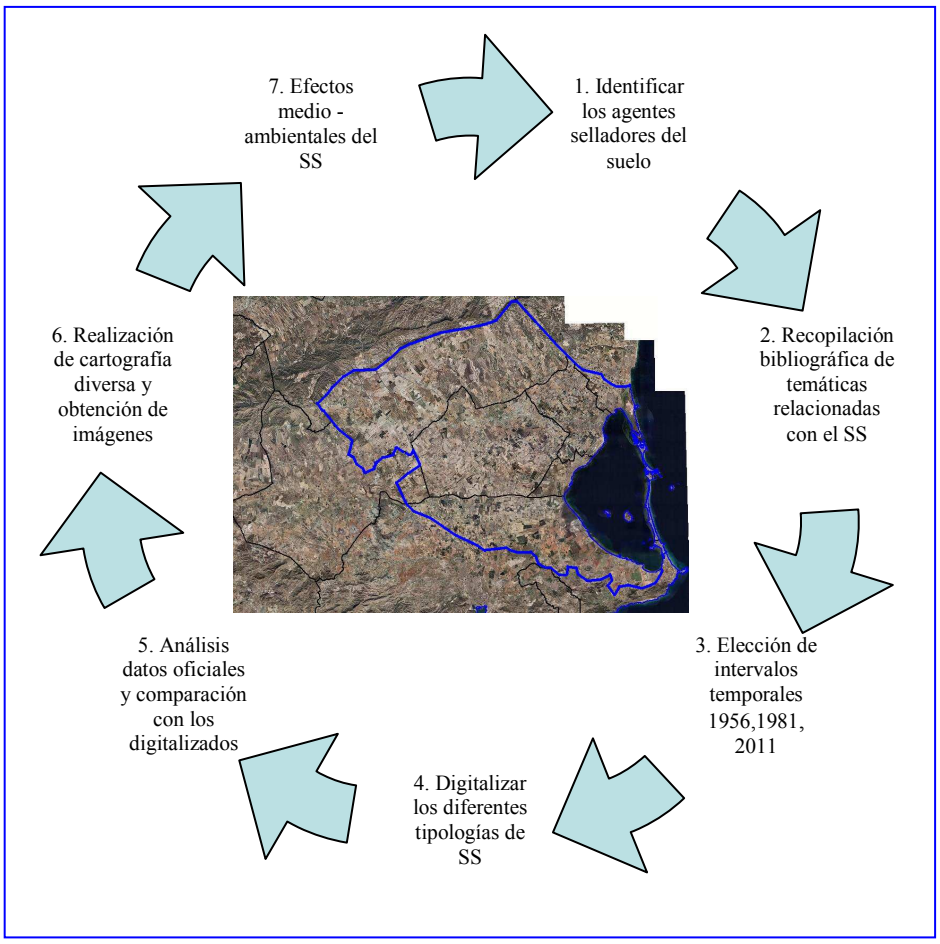


Figura 3.1. Proceso de estudio del sellado de suelos (SS) en la CCCMM.

2. Análisis espacial

El análisis espacial de las diferentes estructuras selladoras del suelo se ha realizado a través de una serie de fases, que pueden sintetizarse en figura 3.2:

1. Identificación de las áreas de urbanizadas (poblaciones, golf y resorts), invernaderos, y vías de comunicación.
2. Trazado de la capas
3. Digitalización
4. Medición
5. Obtención de imágenes de las diferentes capas a distintos niveles (local, municipal, comarcal).
6. Extracción de indicadores sobre la estructura y evolución de los entornos tanto en superficies como en porcentajes.

Con esta metodología se han delimitado cada uno de los distintos espacios sellados:

- Sellado por urbanización.
- Sellado por campos de golf y resorts asociados.
- Sellado por invernaderos.
- Sellado por Infraestructuras viarias.

Todos estos espacios, fueron foto-interpretados y digitalizados con el fin de disponer de una cobertura completa del fenómeno de sellado en el área de estudio.

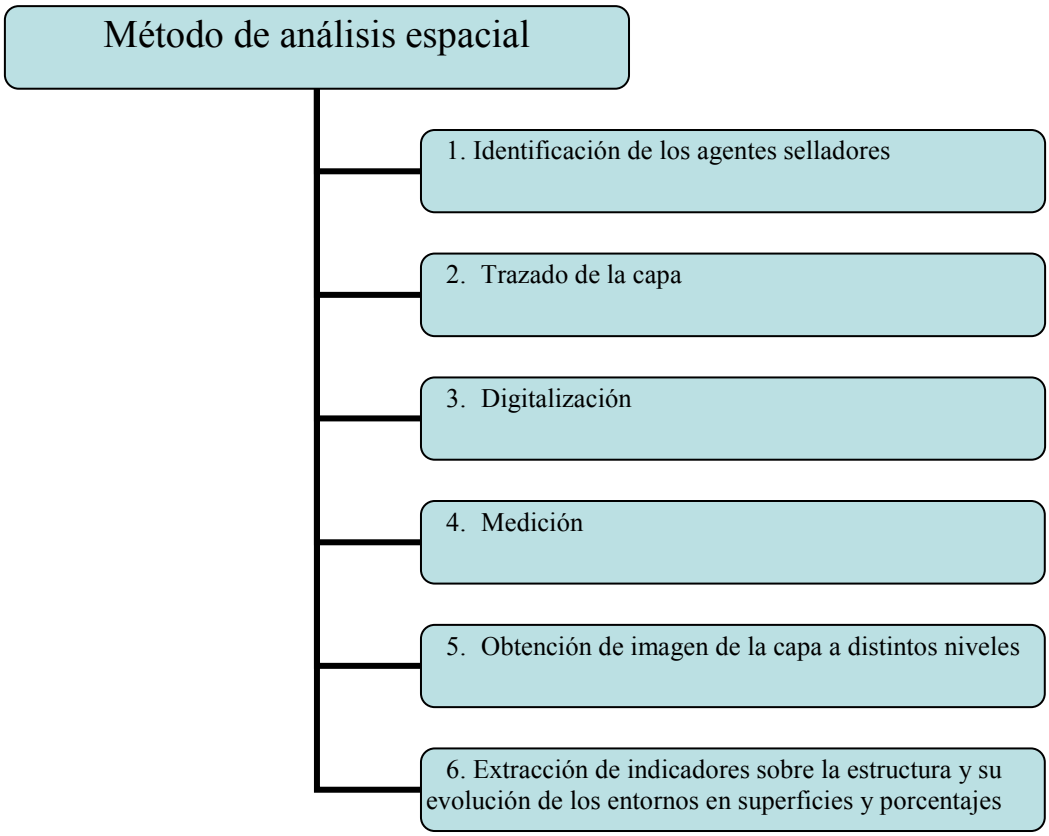


Figura. 3.2. Método de análisis espacial.

La imágenes base sobre las que se han realizado digitalización de las áreas y capas temáticas, tanto de urbanizado, golf, carreteras e invernaderos han sido tratadas digitalmente mediante sistemas de tratamiento de Información Geográfica (SIG), mas concretamente a través del programa Gvsig, apoyado en todo momento de los portales informáticos Sitmurcia y Cartomur. Las imágenes seleccionadas y tratadas se han comparado con los datos estadísticos de las últimas décadas a través de los anuarios estadísticos de la Región de Murcia (CREM) y trabajos de campo con comprobación directa de aspectos observados mediante digitalización.

Los datos de las áreas urbanizadas o construcciones se han obtenido mediante consulta de datos estadísticos oficiales, cotejando posteriormente los datos obtenidos, con los resultados del tratamiento de imágenes a través de informatización, y en algunos casos la posterior corroboración por medio de la observación directa.

El área urbanizada y consecuentemente sellada, se ha clasificado en tres ámbitos, en principio específicos, aunque dependientes e interrelacionados, como son; (i) Urbanizado, (ii) Urbanizado por golf y (iii) Vías de comunicación terrestres (Carreteras),

En cuanto al proceso seguido para el análisis de aspectos más específicos en determinadas apartados de esta investigación, el proceso seguido aunque es parecido, tiene algunas diferencias que merecen ser mencionadas:

La red de carreteras se digitalizó, como ya he mencionado anteriormente, a través de Cartomur, así como de Sitmurcia (Geoportal del Sistema Territorial de Referencia de la Región de Murcia). Se ha utilizado como documento base la información digital libre contenida en Open Street Map mediante su descarga a través del plugin de OSM en QGIS 2.2., al tratarse de una cobertura de tipo lineal, hubo que realizar un reclasificación por tipos de anchura según el tipo de vía y el posterior cálculo de áreas de influencia para la medida de superficies a nivel comarcal en diferentes años (1956, 1981, 2011) para su comparación posterior y corroborar que los datos obtenidos eran congruentes.

Para observar el impacto del sellado en relación con las inundaciones se hizo uso de la información sobre áreas inundables para los períodos de retorno 10 (PR10), 50 (PR50), 100 (PR100) y 500 (PR500) procedente del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables del MAGRAMA, a fin de caracterizar de forma espacial el factor peligro.

De la combinación de este último conjunto de datos mediante un geoproceso de intersección en un SIG con las coberturas de parcelas catastrales, se consiguió determinar la localización de las superficies expuestas a una inundación potencial, según su probabilidad de ocurrencia por períodos de retorno, y evaluar, con precisión métrica, las superficies construidas potencialmente afectables en la actualidad, como resultado de ese proceso de evolución en el sellado de suelos

3. Digitalización de ortoimágenes

En todo estudio es fundamental la elección de la escala de trabajo ya que, las escalas de trabajo están directamente condicionadas por la resolución espacial de las fuentes de origen, las ortofotos. Para garantizar y normalizar el proceso de interpretación y digitalización se seleccionaron tres escalas de trabajo:

• Una escala de comprensión y lectura general del territorio, que ayuda a distribuir mentalmente las categorías. Se podría decir que es una primera aproximación a la toma de decisión. Para ello se ajusta el visor a escala 1:10.000.

• Una escala de toma de decisión, que puede oscilar entre 1:10.000 a 1:2.000, según el tipo de identificación y de resolución, se tienen así distintas calidades en la resolución de los fotogramas aéreos (Figura 3.3).

• Una escala de digitalización, que es la más importante pues asegura la homogeneidad de la información levantada para las distintas fechas. Se consideró que teniendo en cuenta la resolución de las ortofotos (1 y 0.5 metros) y los objetivos de la investigación, la escala de digitalización debía de ser entre 1:5.000 y 1:10.000.

La escala de las capas insertadas en las imágenes de trabajo, varían en función del tamaño de los municipios, así como en la imagen global del área de estudio, para así poder dar una mejor definición y visión de conjunto, tanto a nivel municipal como comarcal.

El método de análisis espacial del proceso de urbanización constituye un aspecto importante de esta investigación: se trata del levantamiento de la información relacionada con los usos y coberturas urbanas del suelo en la CCCMM, realizando una base de datos.

Los programas (software) utilizados en este estudio han sido: GVvsig 1.11, Cartomur, Sitmurcia y Microsoft Office, Access 2003, Paint y Gimp. Los tres primeros comprenden todas las fases del análisis espacial, excepto las consultas para la extracción de datos que ha sido tarea de los 4 siguientes.

Se han incorporado datos de tres capas distintas de información (ortofotos de 1956, 1981 y 2011), que ha sido normalizada en una base de datos.



Figura 3.3. Comparativa de calidad de las imágenes, según el vuelo de realización. Imagen correspondiente a 1956 (superior), 1981 (central) y 2011 (inferior).

El método de análisis espacial tiene dos objetivos esenciales: (i) aprovechar la alta precisión geométrica de las fotografías aéreas y sacar el mayor partido a las posibilidades que ofrece un entorno SIG y (ii) identificación, digitalización, medición y base de datos gráficos.

Los datos de partida, como ya se ha mencionado anteriormente, han sido las series de ortofotografías aéreas de 1956, 1981 y 2011. Lo ideal hubiera sido disponer de datos de 1951, pero ante la falta de imágenes de esta fecha, y observando fotogramas anteriores (1945), se decidió que el año de inicio del estudio fuese lo próximo a 1951. La cartografía

más cercana es 1956, si se compara este con las imágenes de 1945, se observa que las diferencias en el territorio son mínimas, pues aún no había iniciado el desarrollo de la comarca. La idea, dejar un espacio de 30 años, ofrece la posibilidad de un adecuado análisis espacial en la evolución de la comarca y del sellado de suelos.

Las secuencias básicas de la metodología específica de análisis espacial son:
- El establecimiento de una clasificación de cubiertas-usos (urbanizado, invernaderos e infraestructuras viarias).
- Los criterios de fotointerpretación/digitalización de los mismos.
- El álgebra de mapas.
- La extracción de indicadores y
- Las peculiaridades metodológicas relacionadas con el análisis diacrónico (demarcación, crecimiento, y ubicación del sellado de suelos).

3.1. Error estimado de digitalización

El error de digitalización ha sido estimado entre un 1,8% y un 2%, en las superficies planas, debiendo tener en cuenta que este error se debe a la resolución de las imágenes, la escala y la precisión en la ubicación de los vértices de las distintas superficies en el proceso de digitalización. Este error estimado se ha valorado conociendo previamente las medidas exactas de una superficie concreta y la medición de esa misma superficie desde la imagen aérea. La variación o error estimado de digitalización queda en su mayor parte compensado por el denominado sellado lateral que consiste en el sellado que producen las estructuras constructivas en altura, teniendo como fundamento, que la mayor parte de las precipitaciones caen en forma oblicua debido a que van acompañadas casi en su totalidad de vientos que hacen que las construcciones funcionen en vertical como sellado en superficie horizontal (Figura 3.4.).

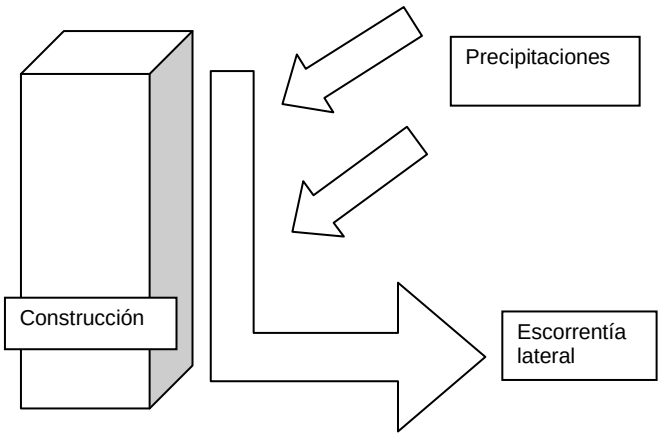


Figura 3.4. Esquema del funcionamiento del sellado lateral.

4. Clasificación de cubiertas de sellado del suelo

La clasificación propuesta para este estudio tiene dos características principales: (i) Se organiza desde un nivel básico, donde solo se digitaliza el sellado de suelo por urbanizado, invernaderos o infraestructuras viarias lineales, (ii) Diferenciación morfológica. Los tipos son fácilmente diferenciables en la fotointerpretación y, para ello, esta clasificación se apoya en criterios esencialmente básicos. Esta basicidad, sitúa el concepto de cobertura del suelo (en las tres fechas de estudio), como principal, por encima del término uso del suelo.

Con esta sistematización se trata de conseguir que la ortofografía sea suficiente para fotointerpretar y establecer la confirmación de morfologías, lo que asegura además una garantía de homogeneidad en las actualizaciones periódicas, ya que el proceso de fotointerpretación descansa fundamentalmente en variables visuales y métricas (superficies, colores, texturas, formas, etc.), directamente extraíbles del fotograma utilizado.

A partir de este punto se ha trabajado en un entorno SIG, particularmente mediante la gestión de una base de datos geográfica de proyectos GVsig, que genera capas diferenciadas en formato, shp, dbf y shx. Obteniendo las imágenes en formato “png”, que posteriormente se trasladan a formatos “jpg” o “tiff”.

- shp - es el archivo que almacena las entidades geométricas de los objetos.
- shx - es el archivo que almacena el índice de las entidades geométricas.
- dbf - es la base de datos, en formato dBASE, donde se almacena la información de los atributos de los objetos.
- png- formato de imágenes.

Los shape files (shp) suelen contener grandes entidades con muchos datos asociados. El método tiene una componente técnico-espacial, basada en la edición poligonal de las coberturas (añadir, recortar, unir o desunir polígonos) y una componente temática, por la que se les asigna el tipo correspondiente. Este levantamiento de datos es el proceso de fotointerpretación y digitalización. El presente estudio además posee la posibilidad del análisis histórico del proceso de sellado en la CCCMM.

5. Datos estadísticos

Los datos estadísticos presentados en esta tesis bajo la forma de cifras absolutas o porcentuales, gráficos o tablas, tienen un doble origen, bien son el resultado de la propia investigación, provenientes del análisis espacial o del estudio de campo, o emanan de otros documentos preexistentes externos.

Aunque las primeras conforman una aportación original del presente trabajo, debe resaltarse la importancia de las segundas.

El estudio de diversas materias convergentes en el tema de la tesis ha supuesto la captación de estadísticas de diversa índole y con origen en la propia administración: agricultura, turismo, deporte, medio ambiente, ordenación del territorio, población y urbanismo.

Los datos correspondientes a sellado por urbanizado se ha obtenido de las siguientes fuentes: (i) Cartomur, para la digitalización de las ortofotos; (ii) Portal estadístico de la Región de Murcia (CREM) e Instituto Nacional de Estadística (INE) para los datos de población, e invernaderos; (iii) sede electrónica de la Dirección General del Catastro (2014), para la obtención del número y superficie de edificaciones. Para las construcciones se empleó la información de parcelas catastrales (en formato shp). Los productos catastrales que se consultaron fueron los datos de naturaleza urbana y las parcelas para cada municipio del área de estudio. Los datos catastrales vienen en formato alfanúmerico, e incluyen toda la información del catastro excepto la sujeta a confidencialidad

Las Federaciones de Golf, han sido también una excelente fuente de información estadística. Estas asociaciones poseen, datos esenciales para el estudio geográfico del fenómeno del golf, (evolución de campos, localización, características número de jugadores, etc.), así como la posibilidad de contar con datos a diversos niveles (asociaciones europea, española, murciana) ha facilitado la aproximación escalar del fenómeno.

Por otra parte, empresas, consultoras o cámaras de comercio de Cartagena y Murcia, elaboran estudios o informes técnicos, la propia comunidad Autónoma de la Región de Murcia en su portal de CREM, aporta datos y series estadísticas. El INFO (Instituto de Fomento de la Región de Murcia), HOSTEMUR (Federación de empresarios de

hostelería de la Región de Murcia), aporta temáticas, sobre el turismo en general o enfocados en el turismo residencial, el golf, los invernaderos. El MOPU y la Consejería de Obras Públicas y Transportes, sobre carreteras. Y también distintas universidades como UMU (Universidad de Murcia) y la UPCT (Universidad Politécnica de Cartagena) entre otras. Las gerencias de urbanismo de distintos municipio también han sido fuente de consultas, así como diversos trabajos, estadísticas y estudios que han sido utilizados como base de información científica del estudio; de estos documentos se han extraído tablas, gráficos y otros datos relevantes para el estudio en sí mismo o comparación de los datos propios.

6. Otras fuentes

El trabajo de campo y la propia experiencia del doctorando, por residir en el área objeto de análisis, conforma otra fuente de información relevante.

La toma de fotografías o las entrevistas a diversas personas del territorio estudiado nos han servido para refrendar o descartar algunos planteamientos.

En algunas ocasiones se ha vivido directamente la experiencia de cierto grado de precaución y riesgo ante la posibilidad de de agresión, verbal o física, en temas tratados que hieren muchas sensibilidades y provocan iras indiscriminadas ante cualquier persona que parezca poner en peligro su medio de vida o simplemente no se sabe en forma cierta que hace en ese lugar fotografiando. De aquí que, en ocasiones, no ha sido fácil hacer algunas fotografías o se han tenido que dar explicaciones a diferentes personas del objetivo de las mismas, pese a lo cual no siempre quedaban conformes. Ha sido una experiencia enriquecedora y con auténtica sensación de riesgo, en la medida que nos ha permitido darnos cuenta de la importancia que tiene el medio y el entorno circundante, tanto próximo como lejano. Y es que el paisaje, el medio ambiente, la salud y la economía, se convierten en elementos de juego en un tablero al que las reglas no siempre están claras.

7. Identificación de impactos medioambientales

La identificación de los distintos impactos producidos, por el sellado de los suelos, se ha realizado mediante el análisis de las superficies digitalizadas, visitas a las áreas digitalizadas en el estudio apoyadas con la toma de fotografías que corroboran esos impactos, así como el seguimiento de fenómenos meteorológicos y medioambientales producidos en el área de estudio.

Otros efectos que se están produciendo, no son tan claros y evidentes, por lo que, a pesar de ser cierta su ocurrencia, estar documentada y verificada en documentación bibliográfica o digital, quedan preparados para estudios posteriores.

Del análisis espacial de la comarca se desprende que los impactos producidos tienen dos áreas bien delimitadas: (i) el área al norte de la rambla del Albujón, donde se dan la mayoría de los impactos debido a su desarrollo económico, agrícola y turístico, coincidiendo con los municipios de Los Alcázares, Murcia, Torre Pacheco, San Javier y San Pedro del Pinatar; (ii), y el área localizada al sur de la rambla del Albujón en donde, por un lado, al ser parte propiedad de ejército, no se ha podido modificar el territorio y, por otro, la lejanía relativa del casco urbano y centro comarcal de Cartagena ha limitado bastante las actuaciones humanas.

De entre los impactos medioambientales más importantes derivados del sellado del suelo pueden citarse los siguientes:

- Cambios de uso del suelo y pérdida de suelos fértiles.
- Modificación de redes de drenaje (ramblas y ramblizos). Corte transversal de algunos cauces, eliminación u ocupación por cultivos bajo invernaderos, construcciones y resorts.
- Aumento de las escorrentías y en consecuencia aumento de las riadas e inundaciones.
- Descenso de infiltración de aguas de lluvia en acuíferos.
- Arrastre de tierras y productos diversos (químicos, fitosanitarios, plásticos, materia orgánica, nitritos, nitratos, restos de cosechas, metales pesados…)
- Contaminación de suelos por materiales diversos (los anteriores).
- Contaminación de las aguas de la laguna litoral del Mar Menor, tanto por escorrentía superficial como subsuperficial (cargadas de nutrientes y fitosanitarios).
- Contaminación de acuíferos por filtraciones de aguas sobrantes de riegos en cultivos intensivos, cargadas con fitosanitarios y nutrientes.

- Colmatación del Mar Menor, debido a los arrastres de ramblas y ramblizos que desembocan en esta laguna salada.
- Sobreexplotación de acuíferos, por las nuevas necesidades de agua creadas tanto para poblaciones, urbanizaciones o cultivos bajo plásticos.
- Cambios paisajísticos.
- Fraccionamiento de hábitats, etc.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

IV. RESULTADOS

1. Superficies de sellado de suelos digitalizadas

Como ya ha sido expuesto, el sellado del suelo evaluado en este estudio viene representado por las superficie que ocupan: (1) suelo urbanizado, (2) resorts; (3), invernaderos y (4) red viaria.

En las últimas décadas, la comarca estudiada ha experimentado una expansión urbana sin precedentes motivada por el turismo residencial como uno de los agentes selladores del suelo más importante, a lo que se une el sellado de los plásticos de los invernaderos y las infraestructuras de vías de comunicación. Para estudiar este fenómeno, y con el objetivo de analizar su evolución, se han digitalizado las distintas superficies en tres fechas distintas (1956, 1981 y 2011).

1.1. Sellado de suelos por Urbanizado

Es necesario recordar que para los municipios de Murcia y Cartagena tan sólo se han considerado las superficies incluidas en el área estudiada de la CCCMM. De igual forma tampoco se ha tenido en consideración el área urbanizada de La Manga del Mar Menor, correspondiente a los municipios de San Javier y Cartagena.

1.1.1. Evolución Interanual municipal de suelo urbanizado

A nivel municipal, casi todos los municipios muestran una evolución similar. Es de reseñar la notable variación existente entre las diferentes fechas de estudio. En valores absolutos (Figura 4.1) el municipio que más superficie urbanizada tiene en la actualidad es el área correspondiente a Murcia, seguida de la Cartagena y Torre Pacheco. Los Alcázares y San Pedro del Pinatar, municipios pequeños, son los que menor superficie construida ocupan. De 1956 a 1981 la evolución en superficie en todos es notable; pero es entre 1981 y 2011 sobre todo cuando las superficies ocupadas por suelo urbanizado se disparan. Destaca Murcia en donde de 2,3 km^2 construidos en 1981 se ha pasado a 22,6 km^2 en 2011. Igual ocurre en Cartagena incrementándose de 3,6 a 10,2 km^2 en las mismas fechas, o Torre Pacheco que ha pasado de 2,1 a 10,2 km^2. Gran parte de este sellado se ha realizado alrededor de la costa bañada por el Mar Menor, en 1956, casi todo el Mar Menor y sus riberas se encontraban mayoritariamente libres de edificaciones, aunque a partir de ese año, el desarrollo urbanístico se va a centrar en la costa y proximidades, expandiéndose en 2011desde la costa ya ocupada, hacia el interior, uniendo los cascos urbanos de poblaciones como San Pedro del Pinatar y San Javier tanto por la costa como el interior.

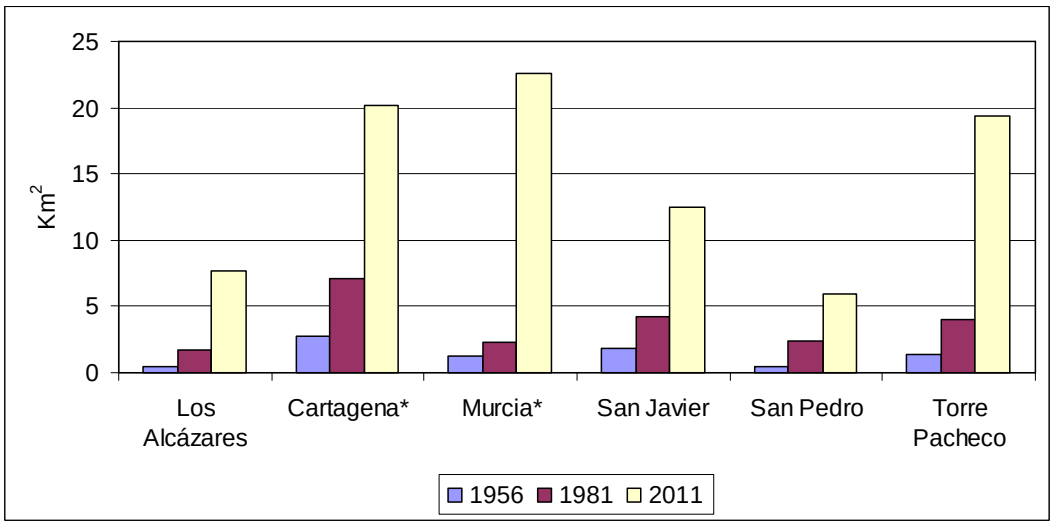


Figura 4.1. Evolución de la superficie urbanizada digitalizada (km^2) en los diferentes municipios.*Superficie del municipio en la comarca. Fuente elaboración propia.

En valores relativos (Figura 4.2.), por el contrario, destacan en variación de superficie construida, especialmente, los dos municipios más pequeños de la comarca, Los Alcázares y San Pedro del Pinatar. En Los Alcázares casi un 40% de su superficie está construida en la actualidad, habiéndose pasado de un 2,5% en 1956 a un 8,6% en 1981 y a un 38,8% en 2011. En San Pedro del Pinatar entre 1956 y 1981 se produjo un incremento de superficie urbanizada notable, pero mayor entre el periodo 1981 y 2011. San Javier ocupa el tercer lugar entre los municipios con mayor superficie urbanizada con un 16,6% en la actualidad, respecto al 5,6% que ocupaba en 1981. La superficie que corresponde al municipio de Murcia en la comarca, es la que menos porcentaje de superficie urbanizada poseía en 1956 y 1981, ascendiendo notablemente en 2011 como consecuencia de las nuevas urbanizaciones que a finales del siglo XX y principios del XXI se instalaron, pese a ello respecto a la superficie total, al ser la más amplia del conjunto de municipios, sólo representa el 7,6%. Torre Pacheco y Cartagena han incrementado su superficie urbanizada en términos relativos en la misma medida y, en la actualidad, ésta representa un 10% en ambos municipios (Tabla 4.1).

Tabla 4.1. Superficie urbanizada en el área de estudio. *Superficie del municipio en la comarca. Fuente: elaboración propia.

	Municipio	1956		1981		2011	
Municipio	**km²**	**km²**	**%**	**km²**	**%**	**km²**	**%**
Los Alcázares	19,8	0,5	2,5	1,7	8,6	7,7	38,8
Cartagena*	198,5	2,7	1,4	7,1	3,6	20,2	10,2
Murcia*	295,2	1,3	0,5	2,3	0,8	22,6	7,6
San Javier	75,1	1,8	2,4	4,2	5,6	12,5	16,6
San Pedro	22,3	0,5	2,2	2,4	10,8	6,0	26,6
Torre Pacheco	189,4	1,4	0,7	4,0	2,1	19,4	10,2
Total Comarca	**800,3**	**8,2**	**1,0**	**21,7**	**2,7**	**88,4**	**11,0**

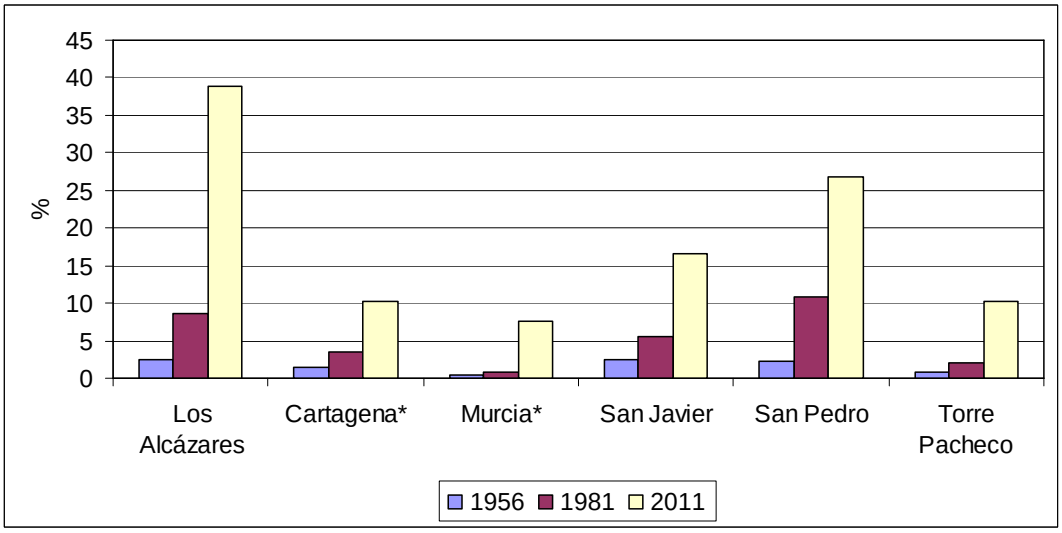


Figura 4.2. Evolución de la superficie urbanizada digitalizada (%) en los diferentes municipios. *Superficie del municipio en la comarca. Fuente elaboración propia.

1.1.2. Evolución Interanual Comarcal de suelo urbanizado

La evolución que la superficie urbanizada ha experimentado en el último medio siglo ha sido muy importante (Figura 4.3). De 8,2 km^2 en 1956 ascendió a 21,8 km^2 en el año 1981 y a 88,5 km^2 en el 2011. En términos relativos ha pasado del 1% en 1956, a un 2,7% en 1981 y al 11% en 2011 (Tabla 4.1).

Para los tres años de referencia digitalizados, las diferencias en las superficies urbanizadas son notables para el primer periodo de 25 años, y todavía mayores en el segundo tramo de 30 años (Figura 4.3).

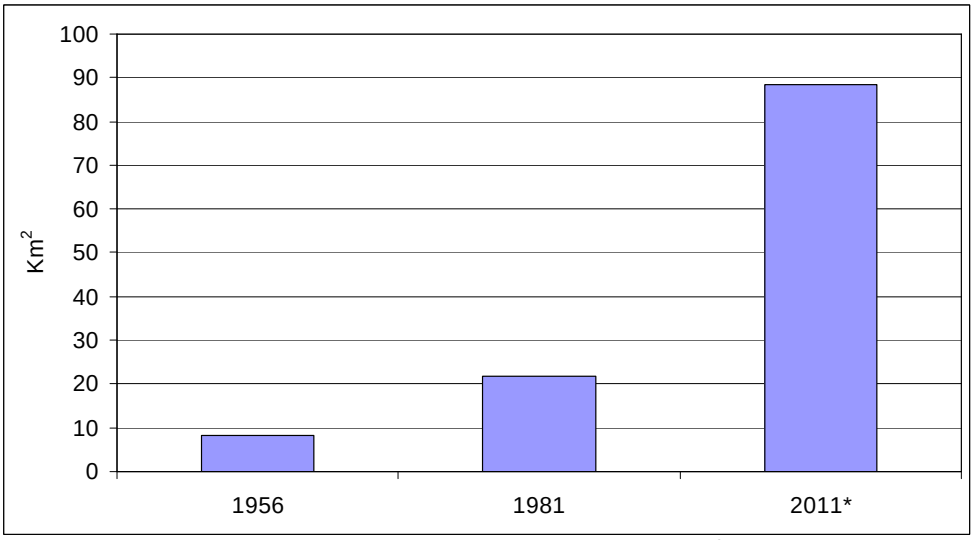


Figura 4.3. Superficie urbanizada digitalizada (km^2) en la CCCMM
* Incluidos resorts. Fuente: elaboración propia.

1.1.3. Análisis espacial del sellado de suelo por urbanizado

Mediante la digitalización realizada, en las figuras 4.4 a 4.9 se pueden observar espacialmente las superficies correspondientes a suelo urbanizado en los tres años de referencia para los distintos municipios.

En Los Alcázares (Figura 4.4), constituido como municipio en 1983, se aprecia como en 1956 la superficie construida sólo era una pequeña área, exclusivamente formada por el núcleo poblacional principal bordeando la costa hasta la carretera nacional 301 y algunas construcciones dispersas por el territorio municipal actual. La expansión del casco urbano empieza a producirse en 1981 y lo hace siguiendo la línea de costa hacia el norte, (pedanía de Los Narejos), debido a que por el sur, junto a la línea de costa del Mar Menor, se localizan terrenos de la base aérea militar de Los Alcázares, imposibles de urbanizar hasta el momento. En la imagen de 1981 se observan, en el centro del municipio, nuevas construcciones que parten de la carretera N301 hacia el oeste, a ambos lados de la carretera que comunica Los Alcázares con Torre Pacheco.
En 2011 la expansión urbana es espectacular en todas direcciones, a excepción del Este por la presencia del Mar Menor. Toda la costa esta urbanizada, e incluso se han rodeado los terrenos de la base aérea militar, ya que la falta de terreno cercano a la costa hizo que en los años 2000 se autorizara la construcción de un campo de golf asociado a urbanizaciones y resorts.

En el área correspondiente al término municipal de Cartagena (Figura 4.5) en la imagen de 1957 se observa una población escasa y diseminada, en especial en el sector norte y

este. En 1981 ya aparecen algunos pequeños núcleos de población y se empiezan a urbanizar algunos sectores de la ribera sur del Mar Menor. En 2011 se muestra en el interior, un desarrollo importante de las poblaciones ya existentes en la fecha anterior y la aparición de otras concentraciones de doblamiento, con una ocupación costera notable, que se ha mantenido casi inalterable hasta la época actual, en cuanto a ocupación del litoral, aunque se ha expandido en forma considerable hacia el interior.

Los terrenos no edificados de la línea de costa, han llegado íntegros a nuestros días, debido a que pertenecen al ministerio de defensa.

El área correspondiente al municipio de Murcia (Figura 4.6), muestra una escasa población en diseminado en 1956, un ligero incremento en el año 1981, pero es partir de los años 2000 cuando se inicia la urbanización y construcción masiva de esta área, en especial con la creación de nuevas urbanizaciones asociadas a campos de golf y resort, que ocupan terrenos de secano y en los inicios de la mayoría de cauces de esa área de estudio.

San Javier (Figura 4.7), como el resto de municipios, aumenta su desarrollo urbanístico progresivamente desde 1956. En este año los núcleos poblaciones de San Javier, y la pedanía de Santiago de La Ribera (junto al Mar Menor), ocupan una pequeña superficie. En 1981, el crecimiento de la ciudad de San Javier así como las poblaciones costeras es considerable. En 2011, todas las poblaciones se expanden, en particular los núcleos poblacionales costeros con Santiago de La Ribera, pero también las pedanías de El Mirador, La Grajuela, Roda y Pozo Aledo, por su importante actividad agrícola. El crecimiento es hacia el norte (hasta el límite con San Pedro del Pinar) y hacia el interior, hacia el sur el desarrollo urbanístico queda limitado por la ubicación de la Academia General del Aire y el aeropuerto internacional de Murcia-San Javier. Este poblamiento constituye en la práctica una “Ciudad Lineal” que une las poblaciones costeras de San Javier y San Pedro del Pinatar. De igual modo también han quedado prácticamente unidas las poblaciones de San Javier (en el interior) y Santiago de la Ribera (en la costa).

San Pedro del Pinatar (Figura 4.8), muestra la misma evolución que el municipio de San Javier, desarrollándose el primitivo núcleo urbano y extendiéndose hacia la costa del Mar Menor en Lo Pagán (pedanía de San Pedro del Pinatar) y unida urbanísticamente a la pedanía de Santiago de la Ribera perteneciente a San Javier. De la población diseminada que se observa en 1956 apenas queda nada en 2011 y casi el 30% del municipio se encuentra urbanizado. El crecimiento de esta población, en la actualidad, es hacia el

interior, pues en el este se encuentran Las Salinas de San Pedro del Pinatar, que constituyen un enclave ambiental de gran importancia reconocida, ya que ha sido declarado Parque Regional en 1992, humedal del convenio RAMSAR (1994), ZEPA (1988) y Red Natura 2000 de la Unión Europea.

Finalmente Torre Pacheco (Figura 4.9), queda sin salida al Mar Menor tras la segregación de Los Alcázares de su municipio en el año 1987, quedando sin el atractivo turístico del típico sol y playa. Su desarrollo urbanístico ha sido lento hasta el año 1981, tras este año y con la llegada de las aguas del trasvase Tajo Segura, su crecimiento urbanístico ha sido muy significativo. Desde 1981 hasta el año 2011, apoyado en la alternativa turística del turismo de golf y resorts o urbanizaciones asociadas. Los núcleos poblacionales en la actualidad, como pueden observarse en la Figura 4.9c han crecido considerablemente.

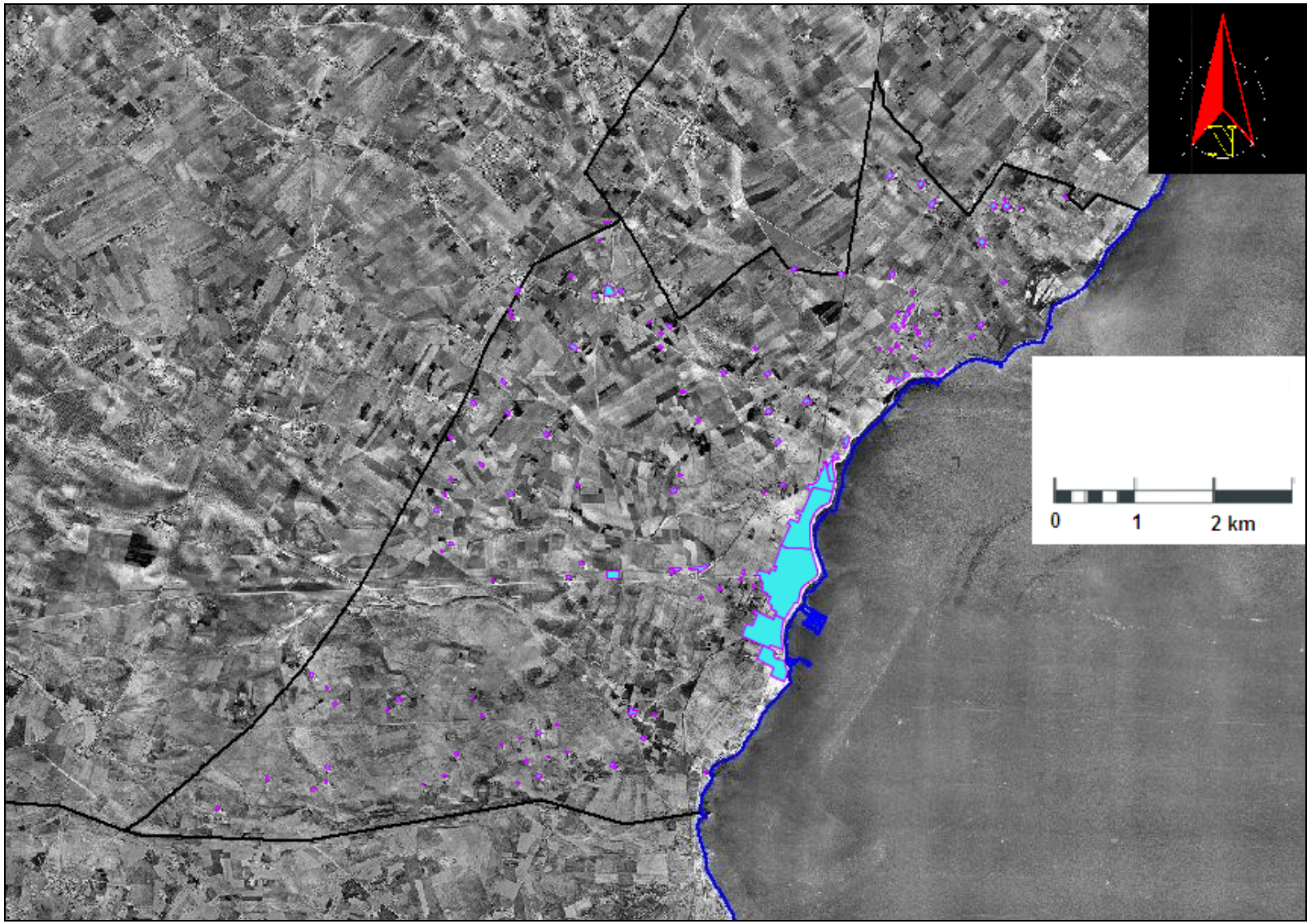


Figura 4.4a. Evolución de la superficie urbanizada en los Alcázares Año 1957. Fuente: elaboración propia.

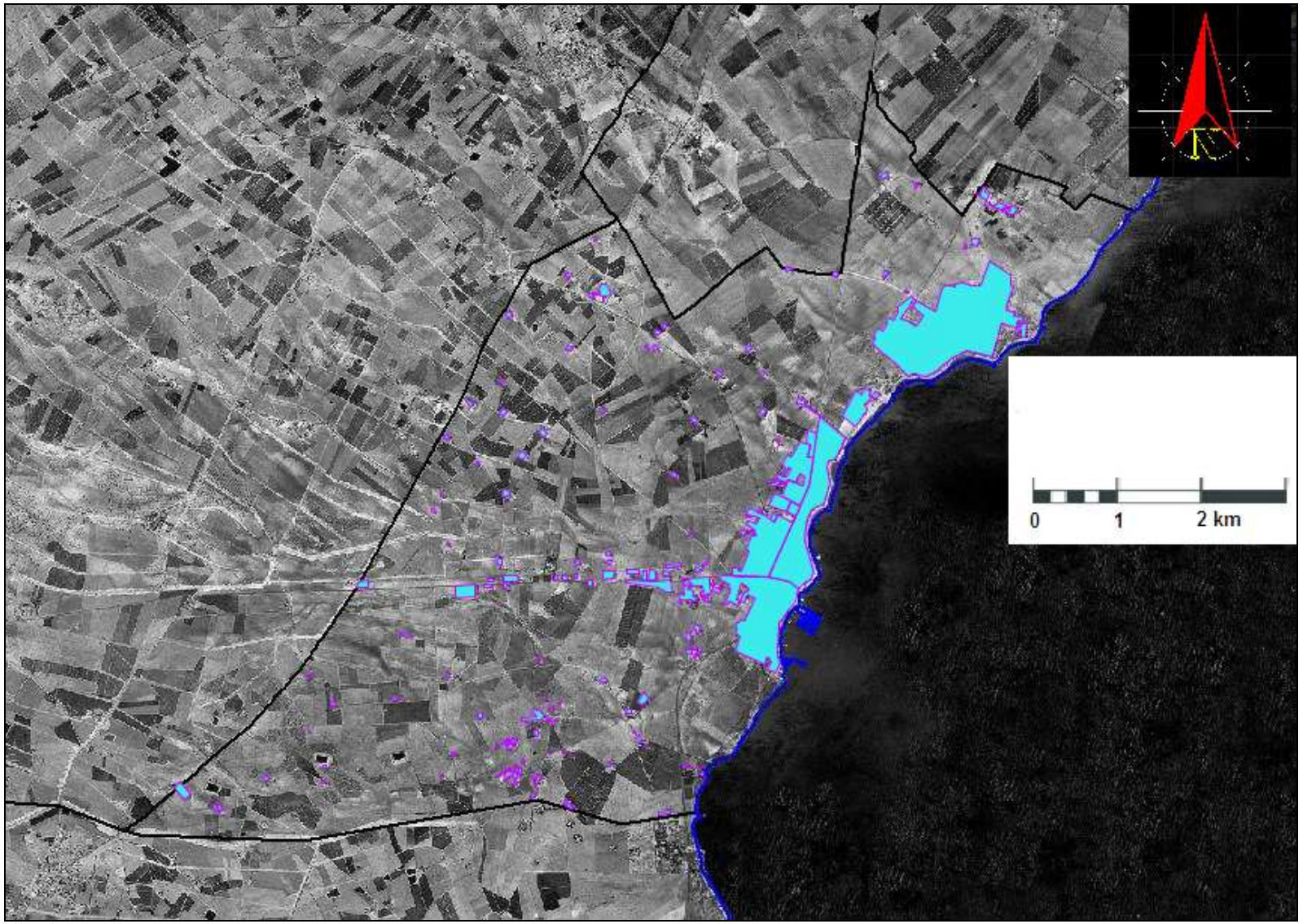


Figura 4.4b. Evolución de la superficie urbanizada en los Alcázares Año 1981. Fuente: elaboración propia.

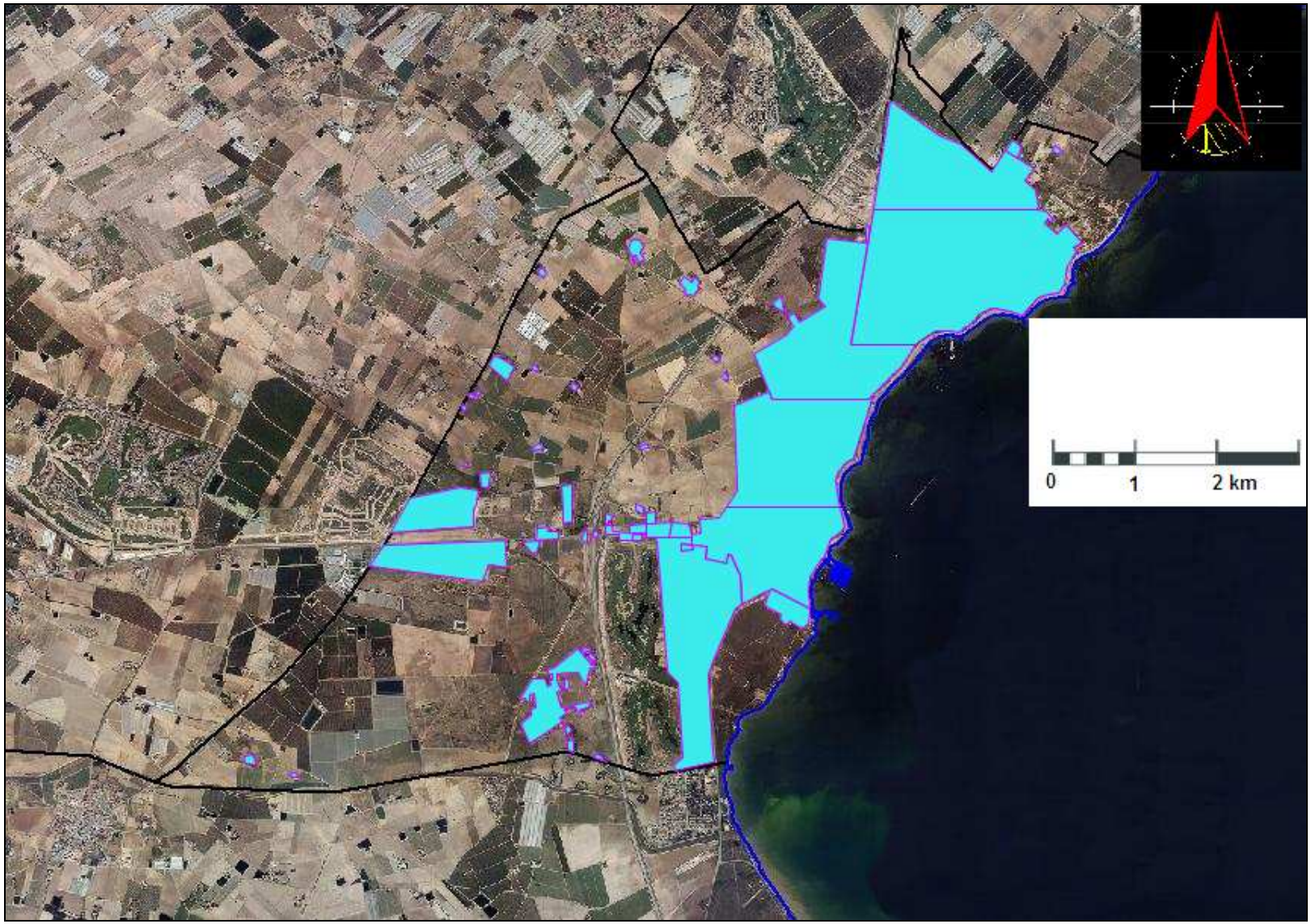


Figura 4.4c. Evolución de la superficie urbanizada en los Alcázares Año 2011. Fuente: elaboración propia.

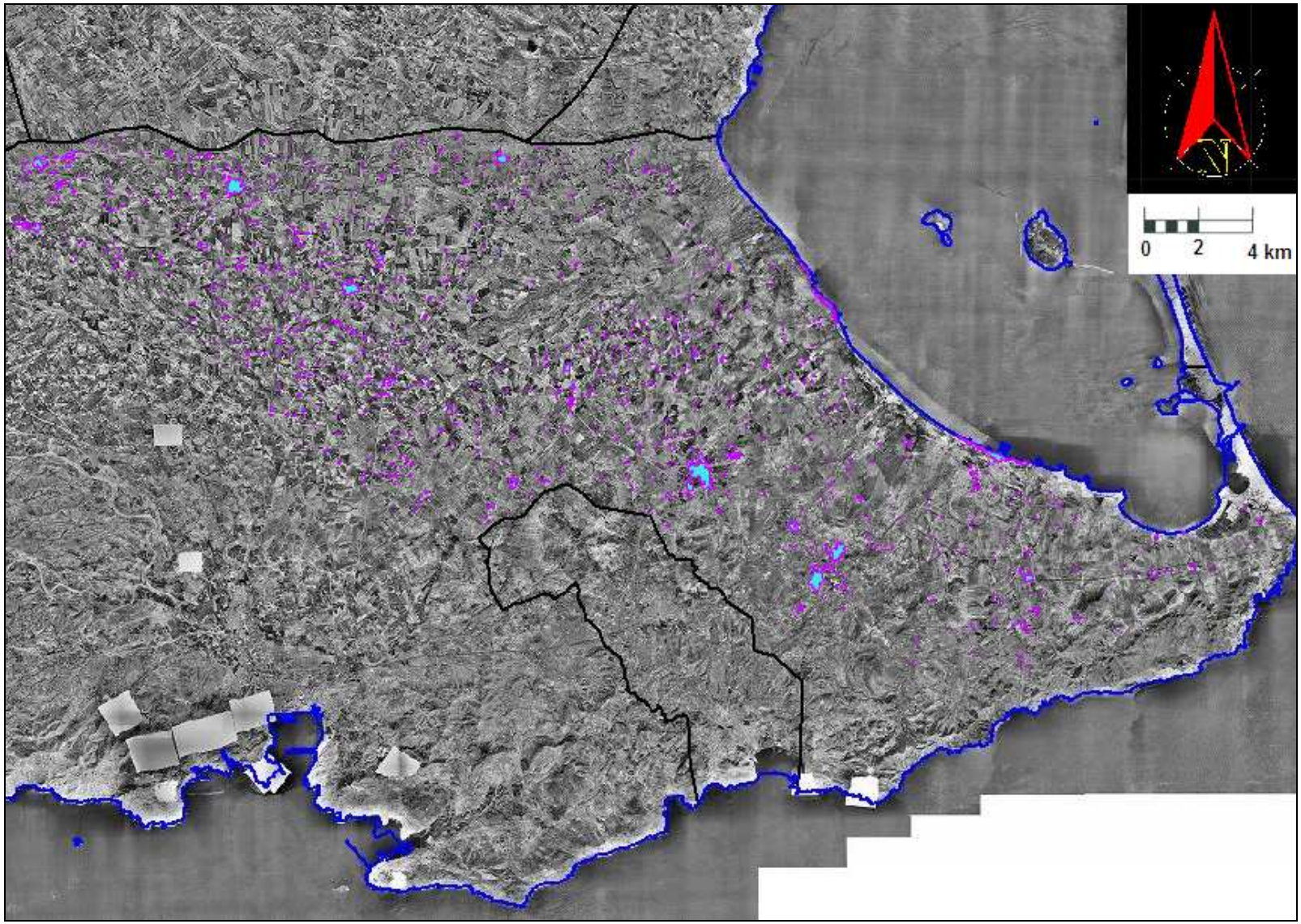


Figura 4.5a. Evolución de la superficie urbanizada en Cartagena. Año 1956. Fuente: elaboración propia.

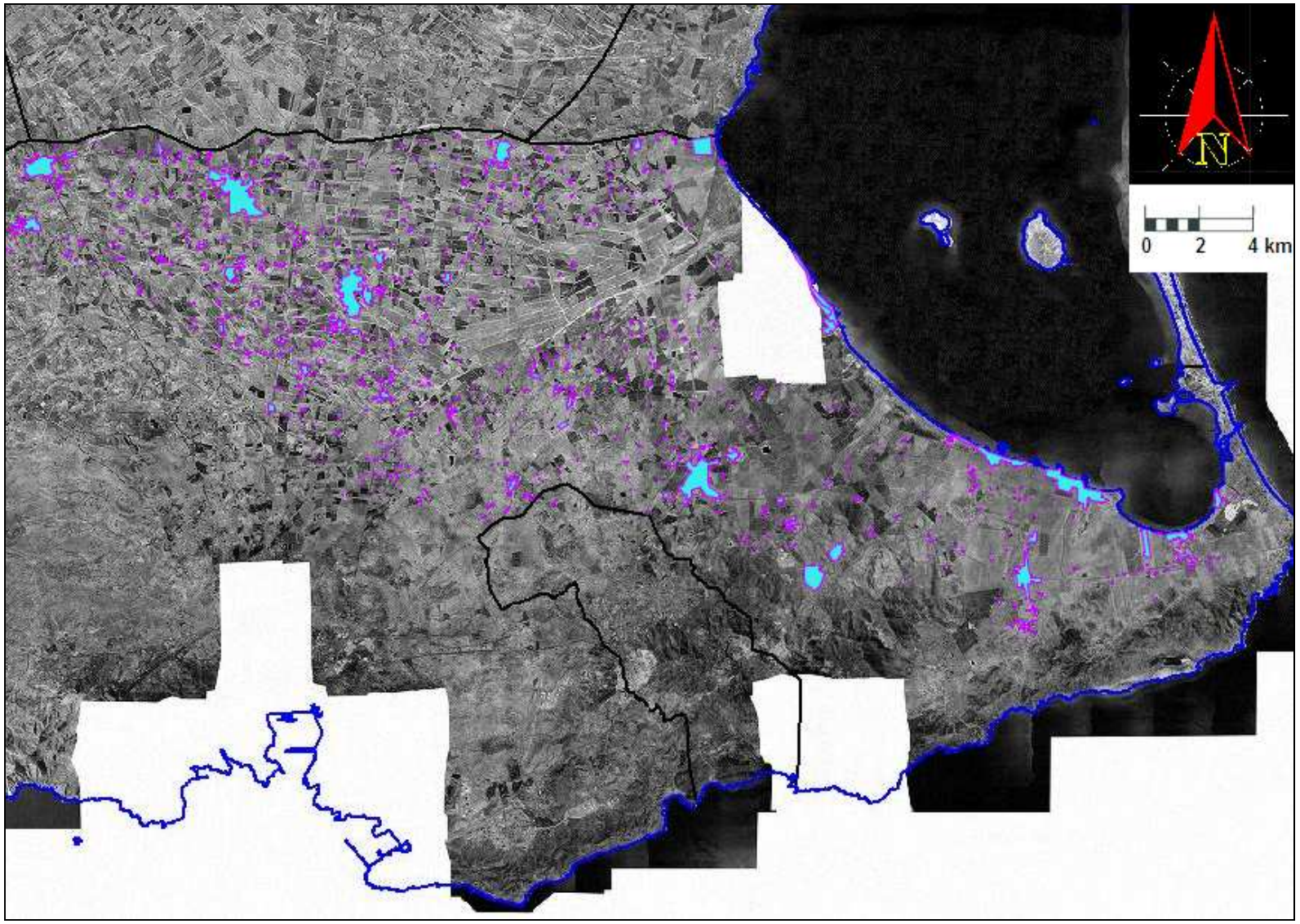


Figura 4.5b. Evolución de la superficie urbanizada en Cartagena. Año 1981. Fuente: elaboración propia.

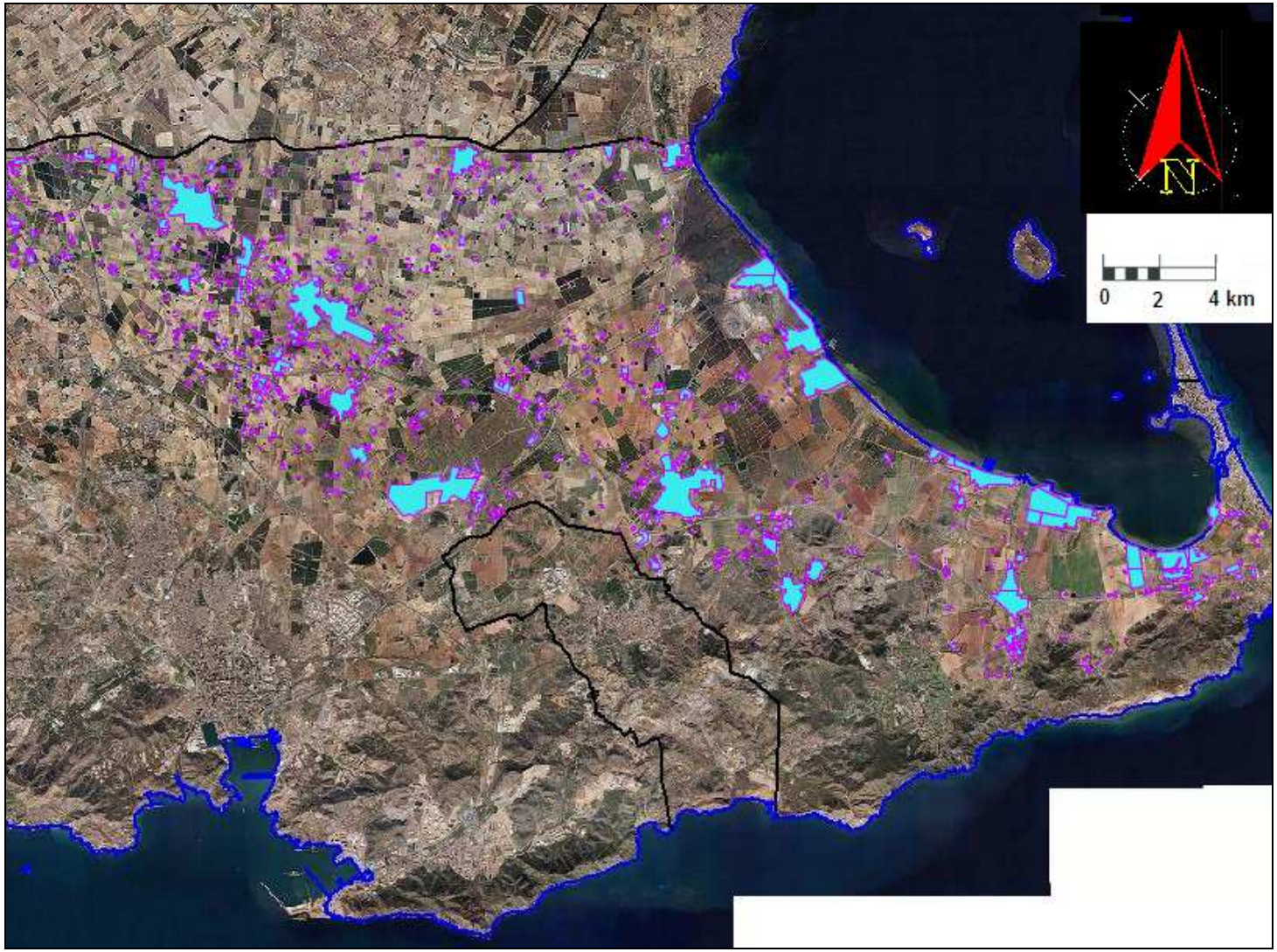


Figura 4.5c. Evolución de la superficie urbanizada en Cartagena**.** Año 2011. Fuente: elaboración propia.

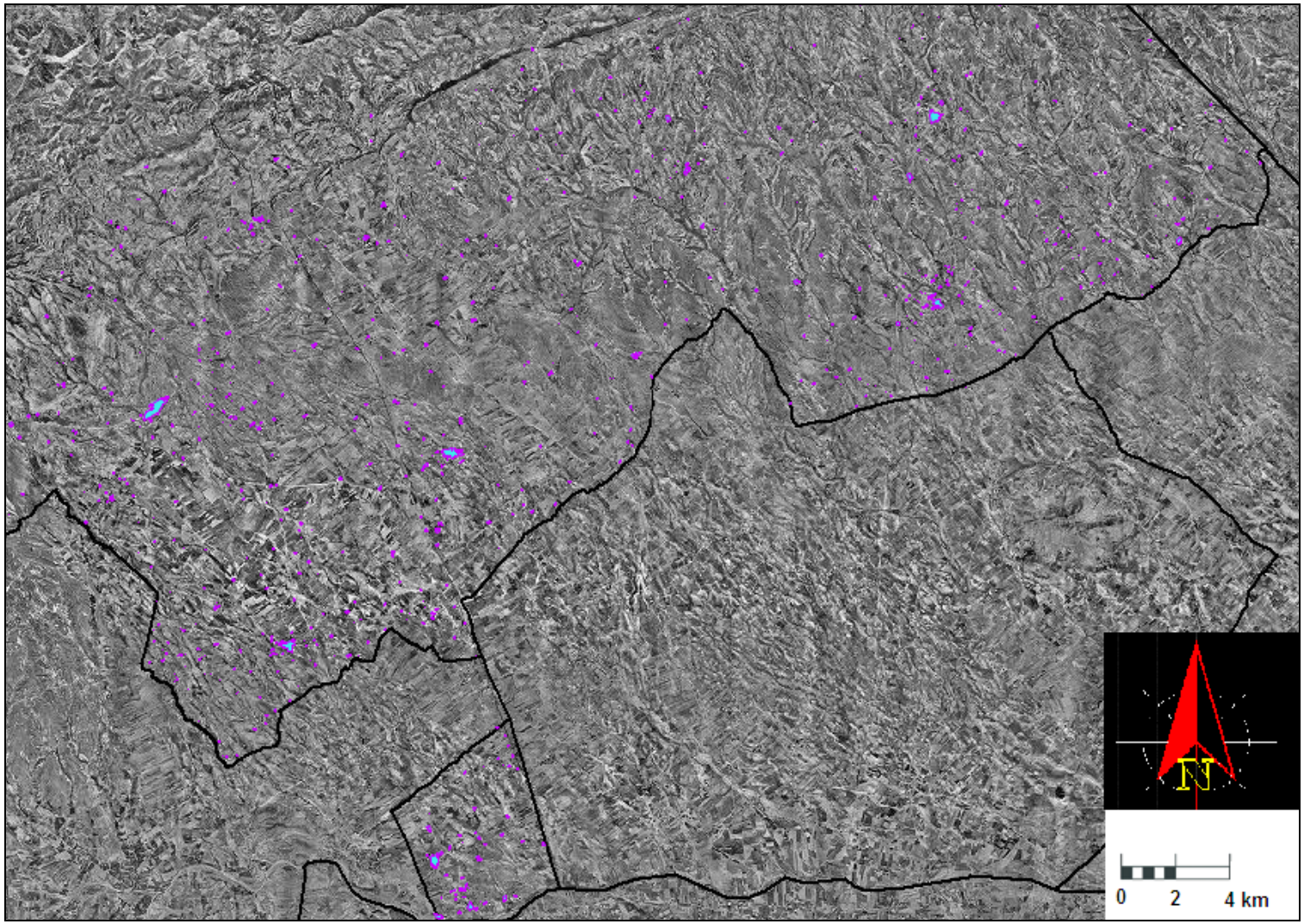


Figura 4.6a. Evolución de la superficie urbanizada en Murcia**.** Año 1956. Fuente: elaboración propia.

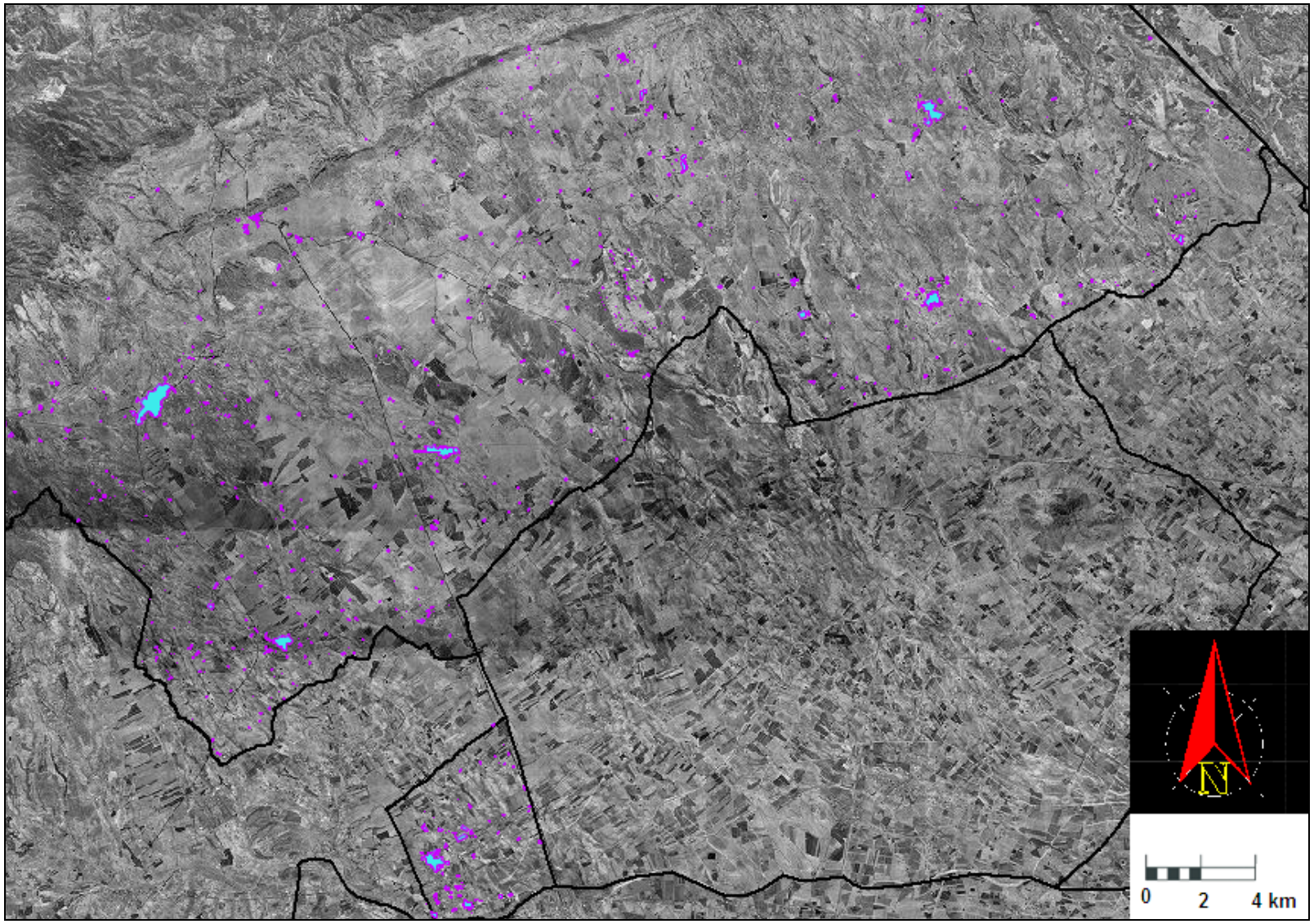


Figura 4.6b. Evolución de la superficie urbanizada en Murcia**.** Año 1981. Fuente: elaboración propia.

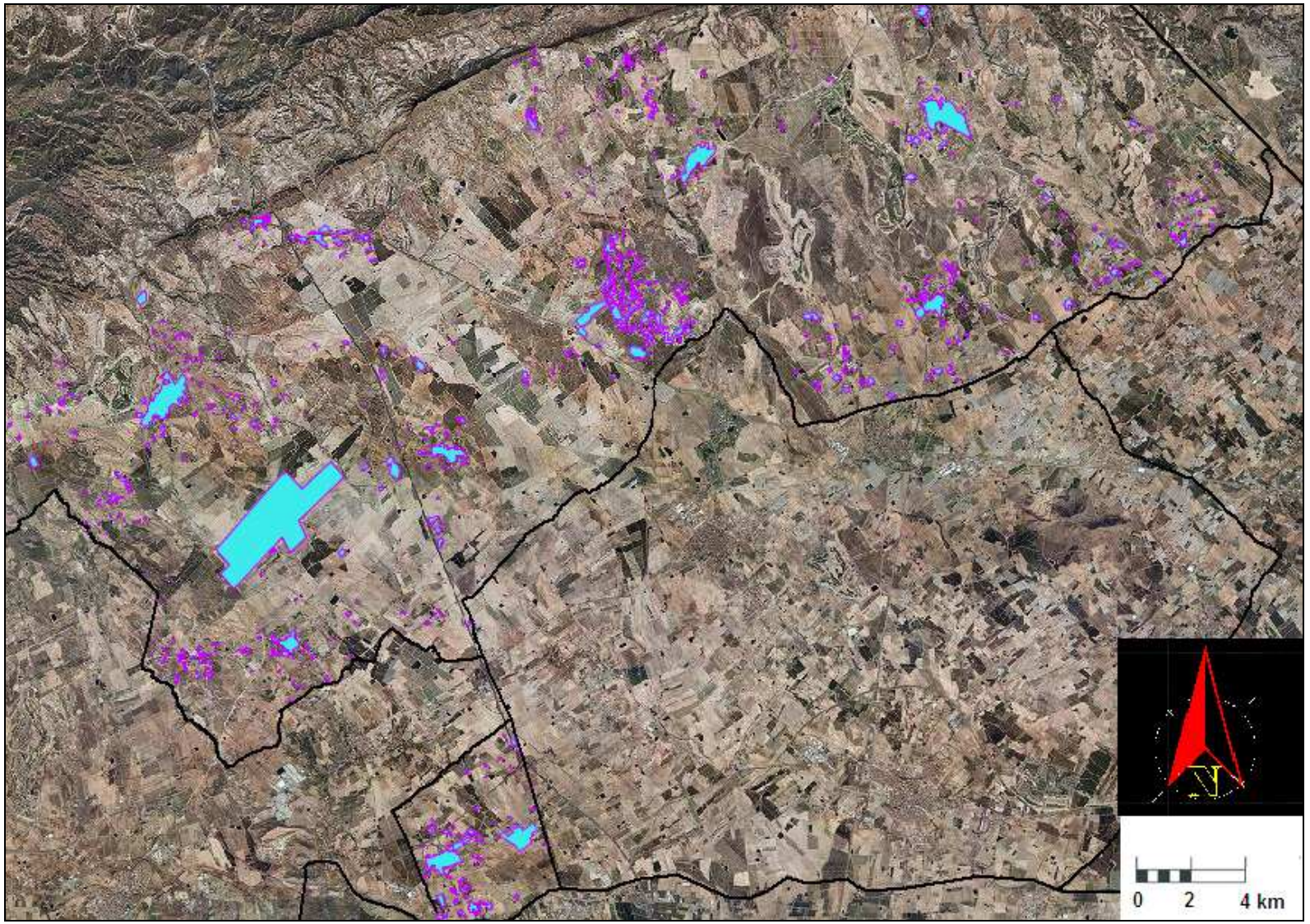


Figura 4.6c. Evolución de la superficie urbanizada en Murcia**.** Año 2011. Fuente: elaboración propia.

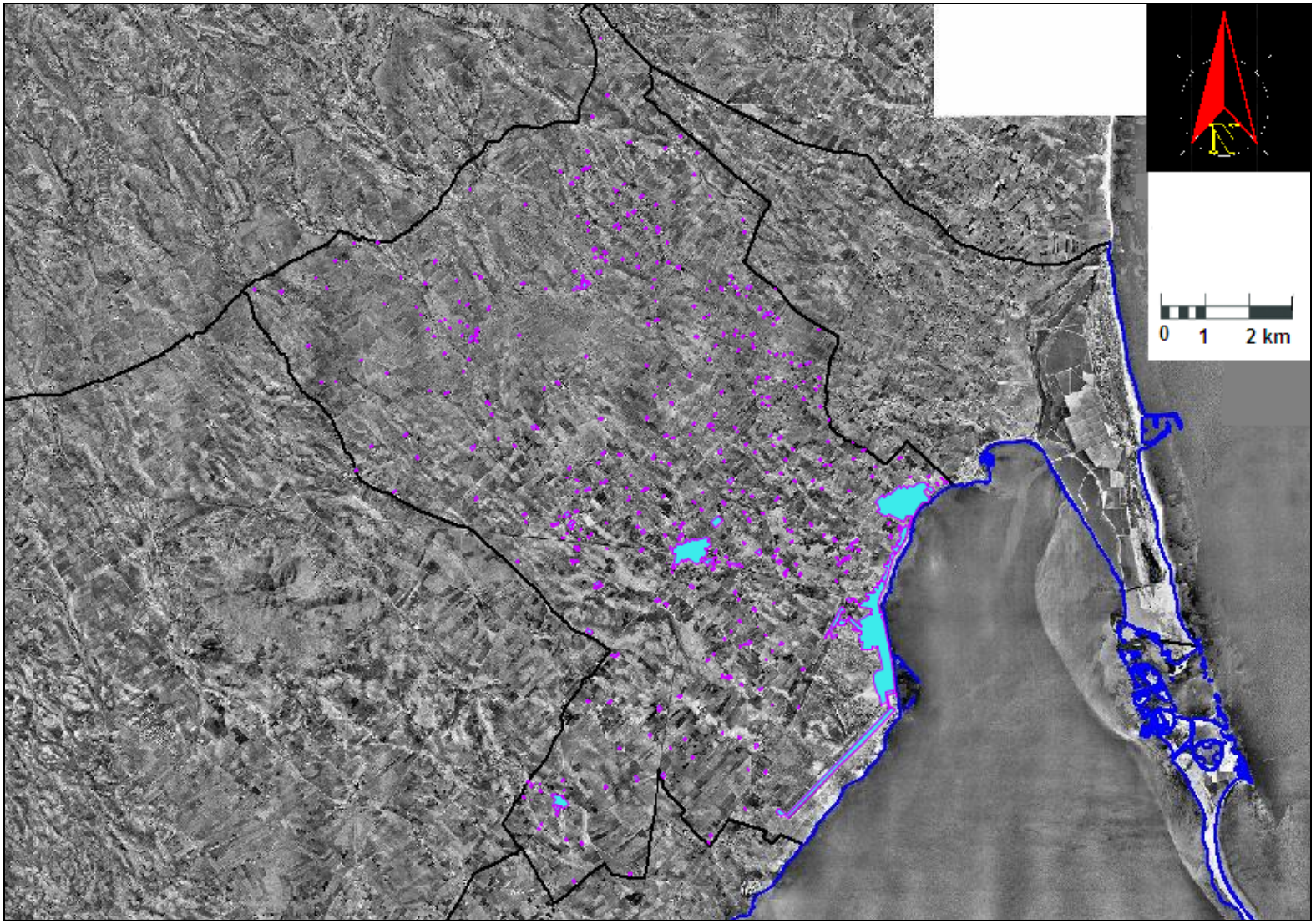


Figura 4.7a. Evolución de la superficie urbanizada en San Javier**.** Año 1956. Fuente: Elaboración propia.

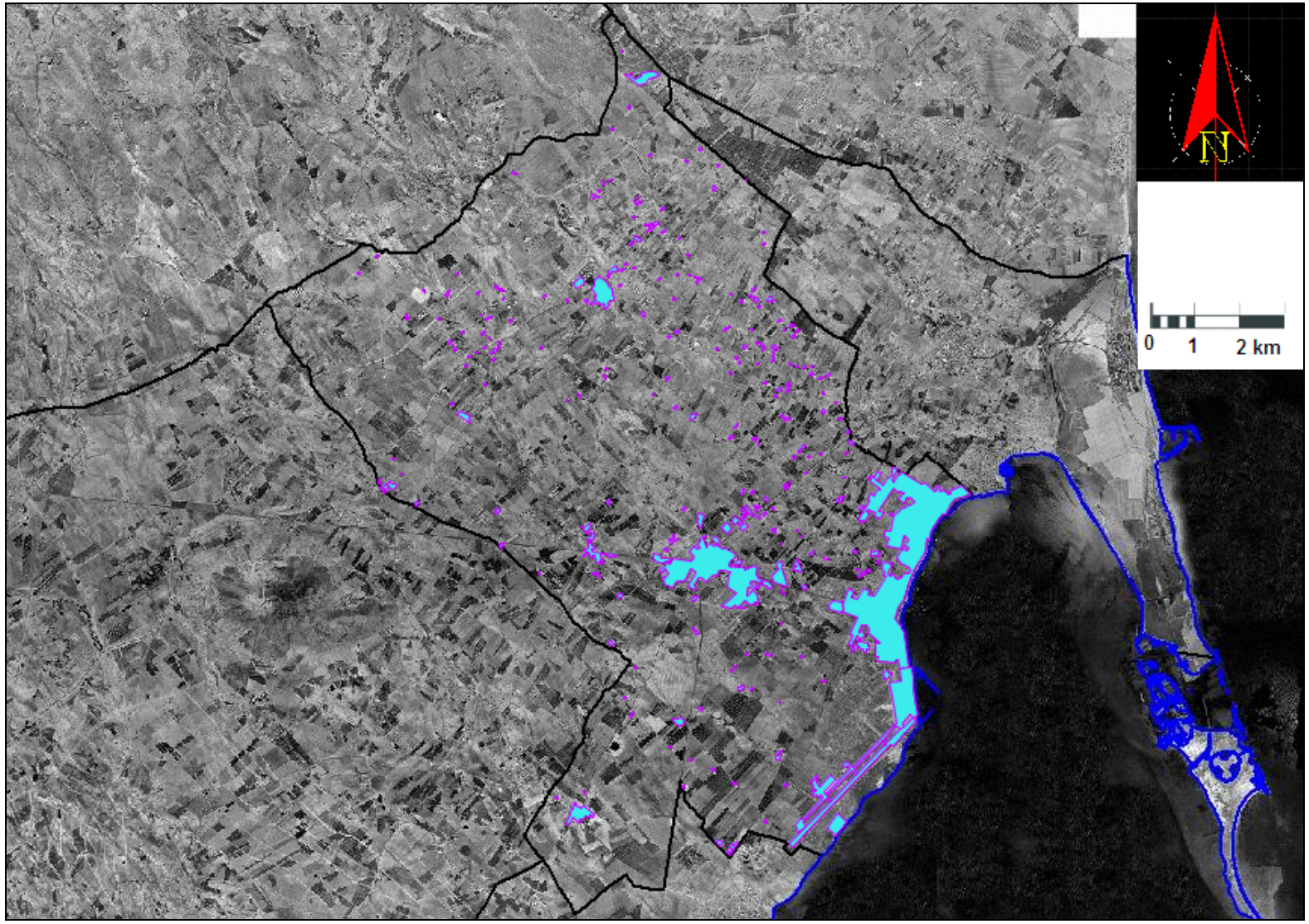


Figura 4.7b. Evolución de la superficie urbanizada en San Javier**.** Año 1981. Fuente: Elaboración propia.

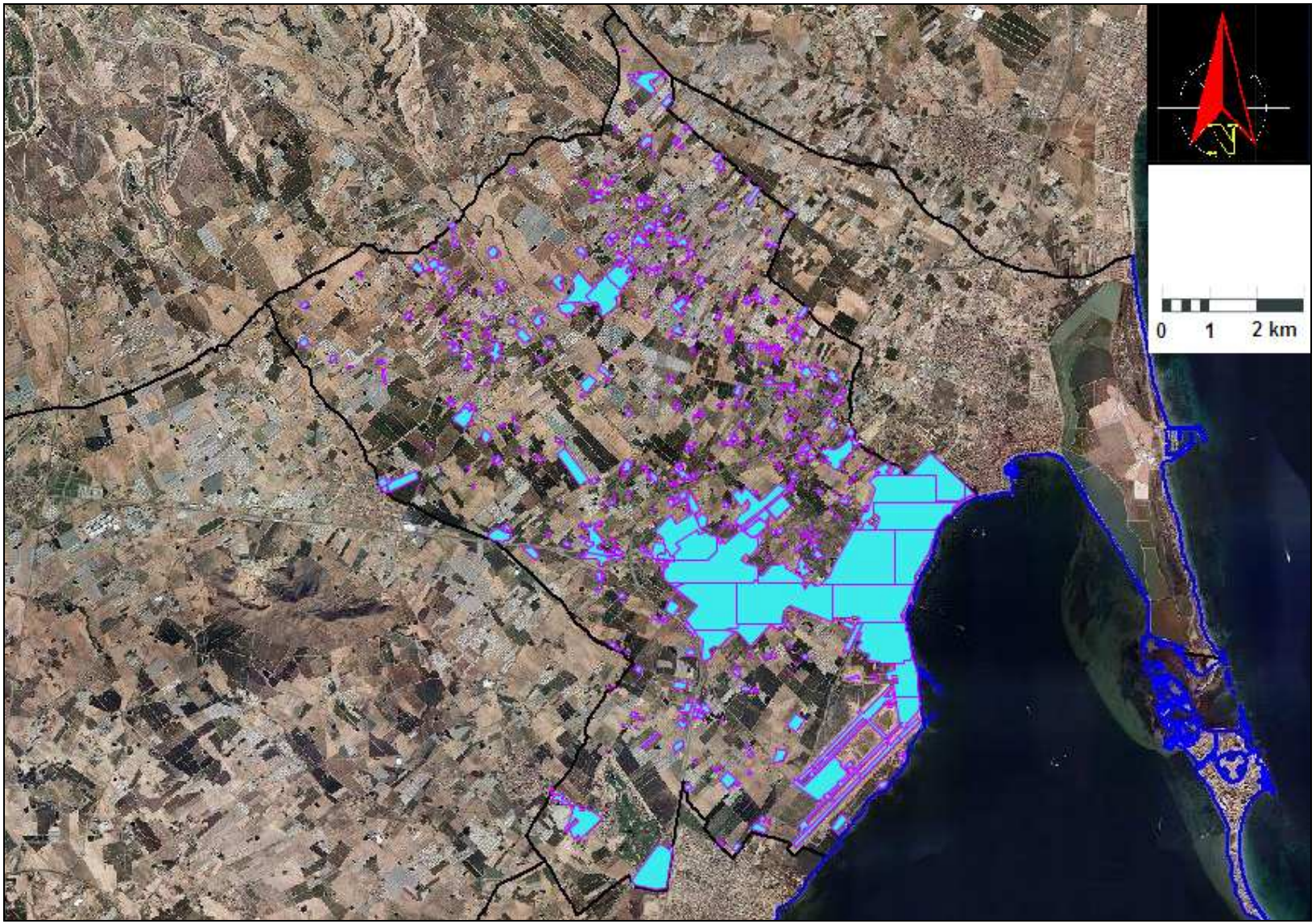


Figura 4.7c. Evolución de la superficie urbanizada en San Javier**.** Año 2011. Fuente: Elaboración propia.

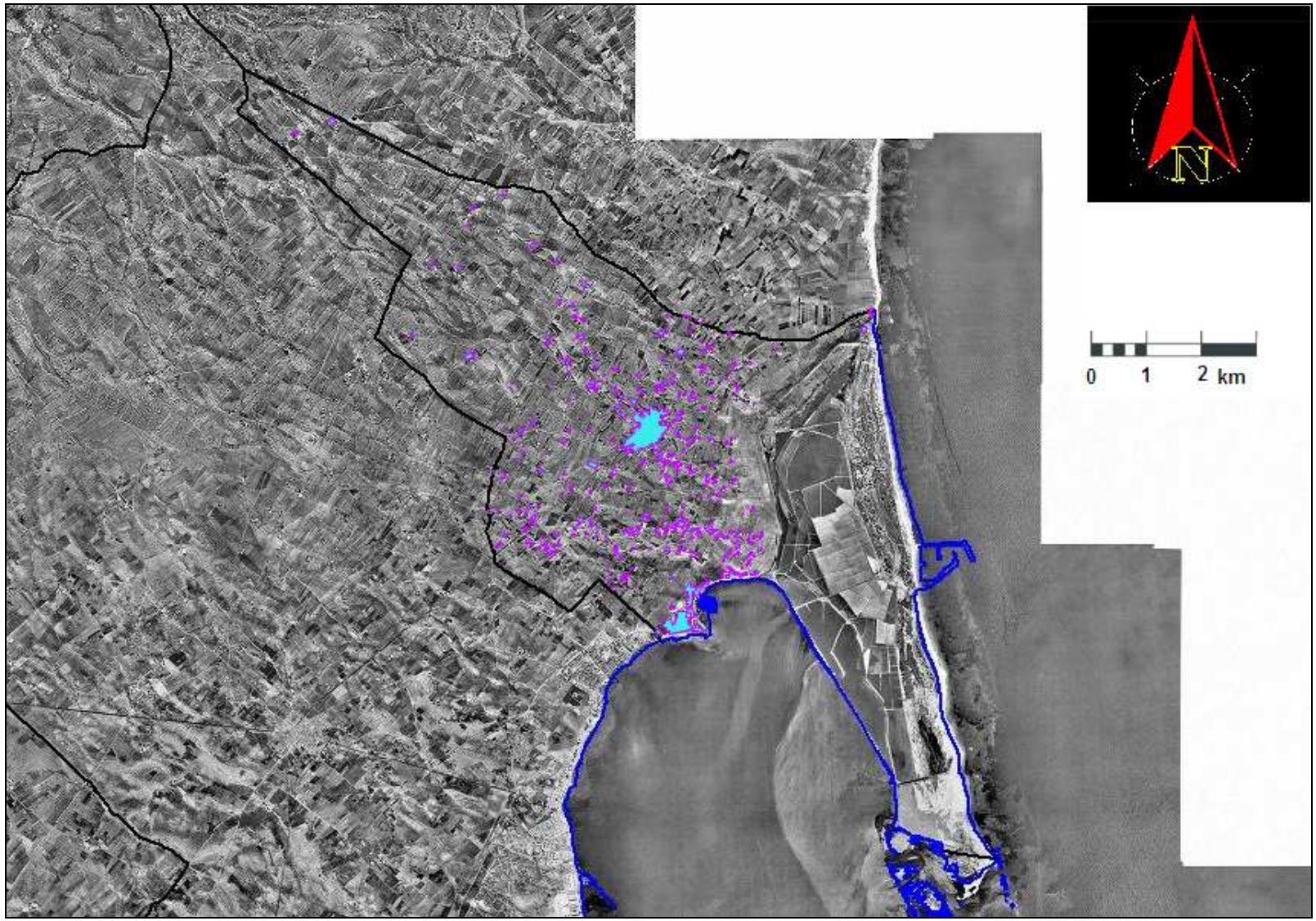


Figura 4.8a.Evolución de la superficie urbanizada en San Pedro del Pinatar**.** Año 1956. Fuente: elaboración propia.

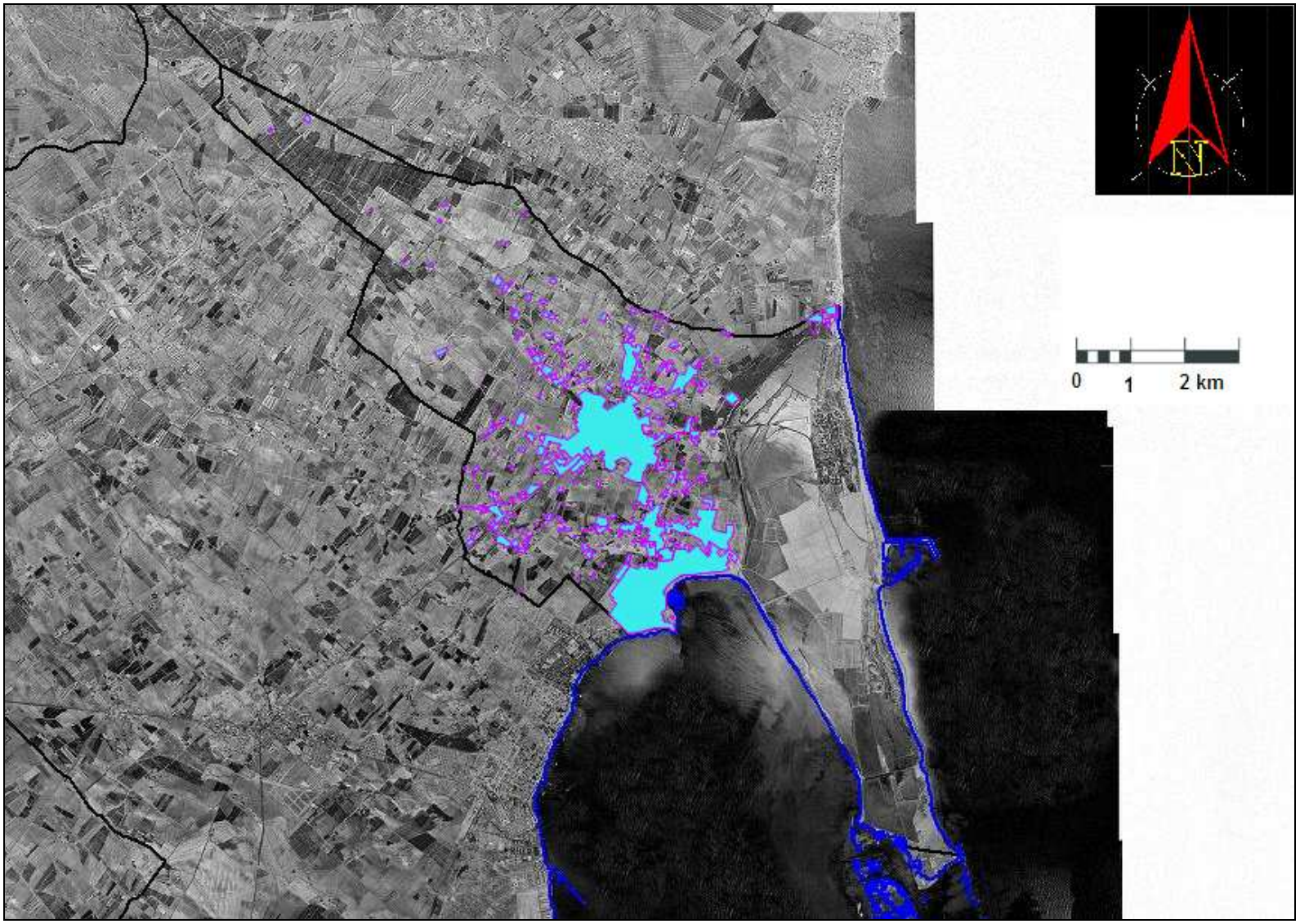


Figura 4.8b.Evolución de la superficie urbanizada en San Pedro del Pinatar**.** Año 1981. Fuente: elaboración propia.



Figura 4.8c.Evolución de la superficie urbanizada en San Pedro del Pinatar**.** Año 2011. Fuente: elaboración propia.

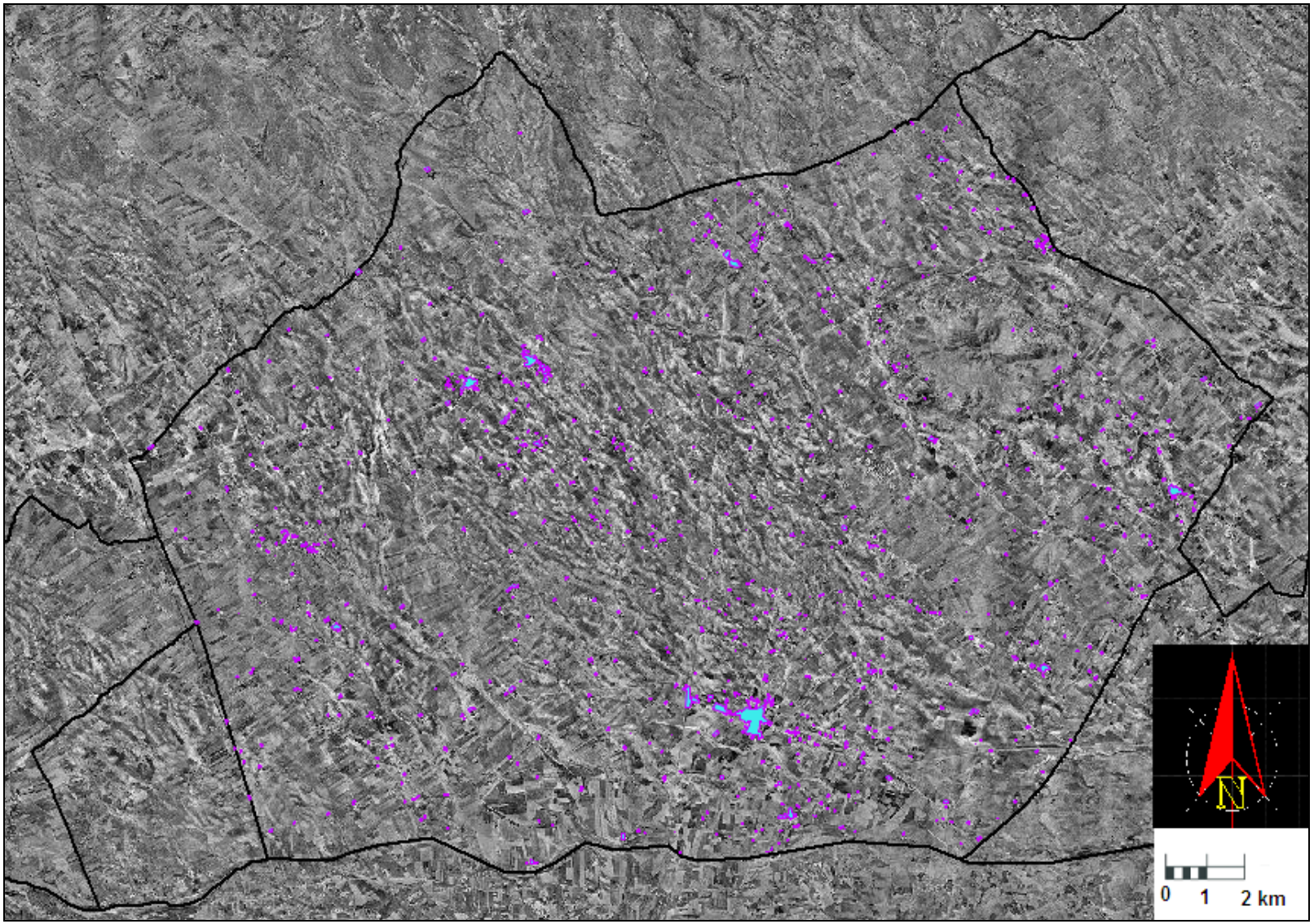


Figura 4.9a.Evolución de la superficie urbanizada en Torre Pacheco**.** Año 1656. Fuente: elaboración propia.

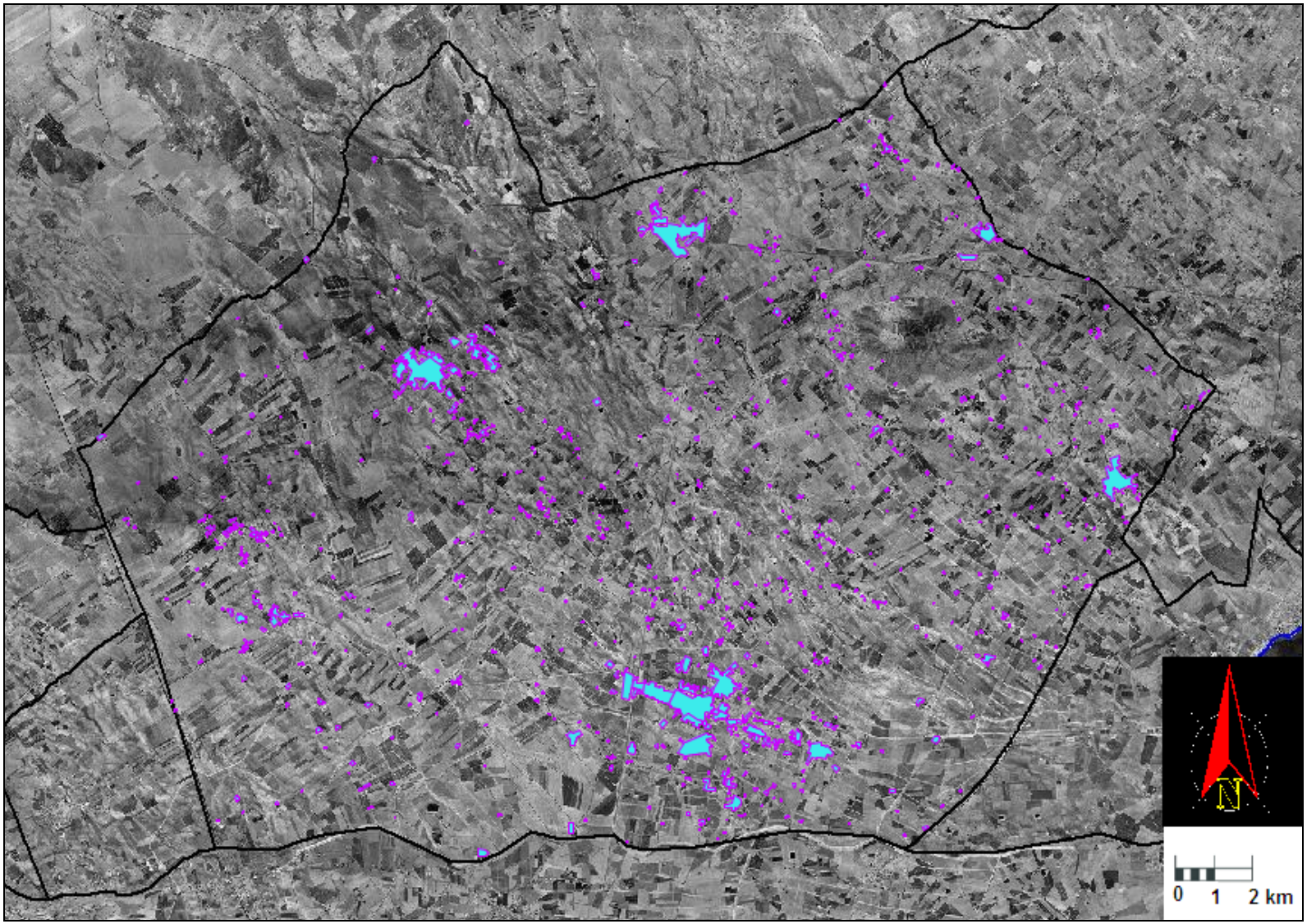


Figura 4.9b.Evolución de la superficie urbanizada en Torre Pacheco**.** Año 1981. Fuente: elaboración propia.

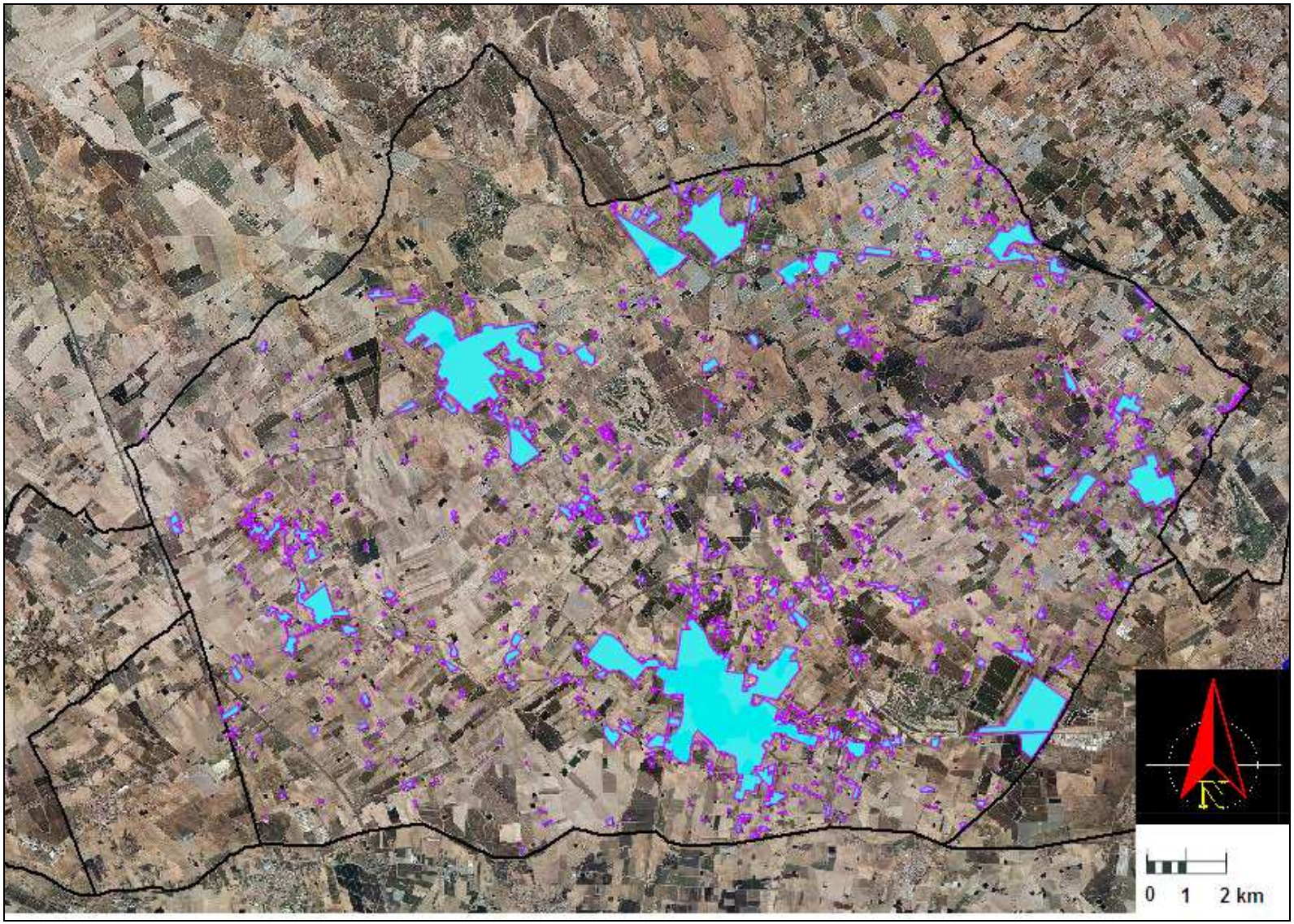


Figura 4.9c.Evolución de la superficie urbanizada en Torre Pacheco**.** Año 2011. Fuente: elaboración propia.

En el conjunto de la comarca, a nivel espacial, en la figura 4.10, se puede observar la evolución de las superficies construidas y urbanizadas en los tres años de referencia digitalizados. Para que las superficies construidas se observaran mejor se han puesto en color rojo con fondo blanco.

Es de destacar la enorme concentración de superficie construida en la ribera norte del Mar Menor, correspondiente de norte a sur a los municipios de San Pedro del Pinatar, San Javier y Los Alcázares, y en menor medida en la ribera sur, con las poblaciones de Los Urrutias y Los Nietos .

En 1956 (Figura 4.10a) aparece una urbanización dispersa en los diferentes municipios y se empieza a advertir una ligera concentración junto al Mar Menor, en especial, en Los Alcázares, San Javier.

En 1981 (Figura 4.10b) se observa como todos núcleos principales de población incrementan la superficie construida, al tiempo que se crean otros nuevos. El poblamiento y, por tanto, la superficie urbanizada, aumenta de forma notable en la ribera norte del Mar Menor y se instalan nuevas urbanizaciones, de cierta entidad, en las tierras interiores.

En 2011 (Figura 4.10c) la expansión urbana es muy significativa. En la actualidad, en municipios como Los Alcázares el 40% de la superficie del municipio está urbanizada y en San Pedro del Pinar un tercio de la misma. En Torre Pacheco además de la expansión del núcleo principal de población aparecen nuevos espacios urbanizados, principalmente asociadas a resort. Esto mismo ocurre en los territorios de los municipios de Murcia y Cartagena pertenecientes a la CCCMM. La ribera norte del Mar Menor (al norte de la Rambla del Albujón) se encuentra totalmente urbanizada y las casas se suceden de manera continua hasta el límite con la comunidad autónoma vecina. En la ribera sur del Mar Menor, se han instalado también nuevas urbanizaciones en Los Urrutias y Los Nietos, pero aún las casas no han cerrado del todo el perímetro, principalmente debido a que en esta área se encuentran diversos parajes naturales protegidos y terrenos de la base militar de los Alcázares.

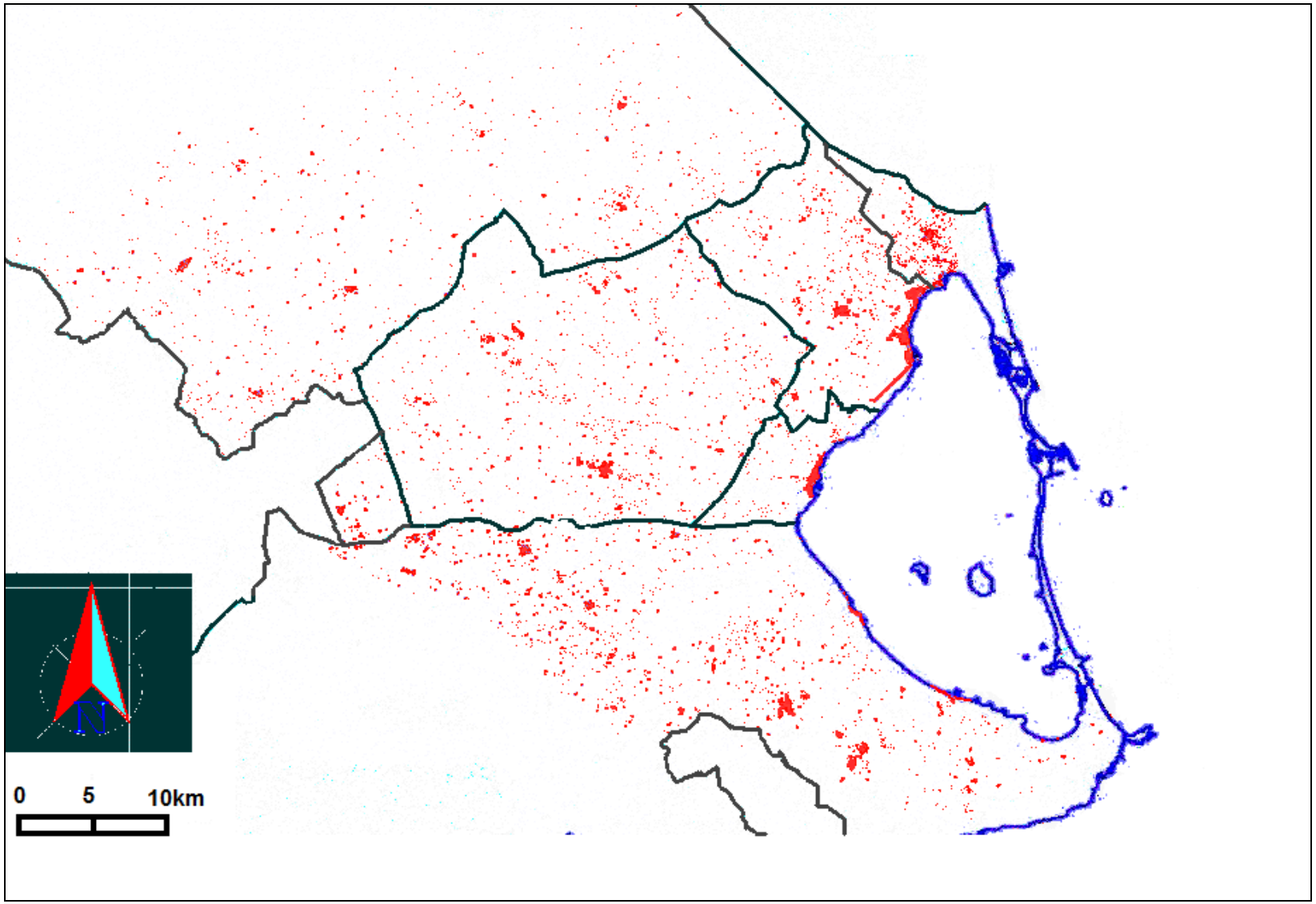


Figura 4.10a. Evolución de la superficie urbanizada en la CCCMM. Año 1956. Fuente: elaboración propia.

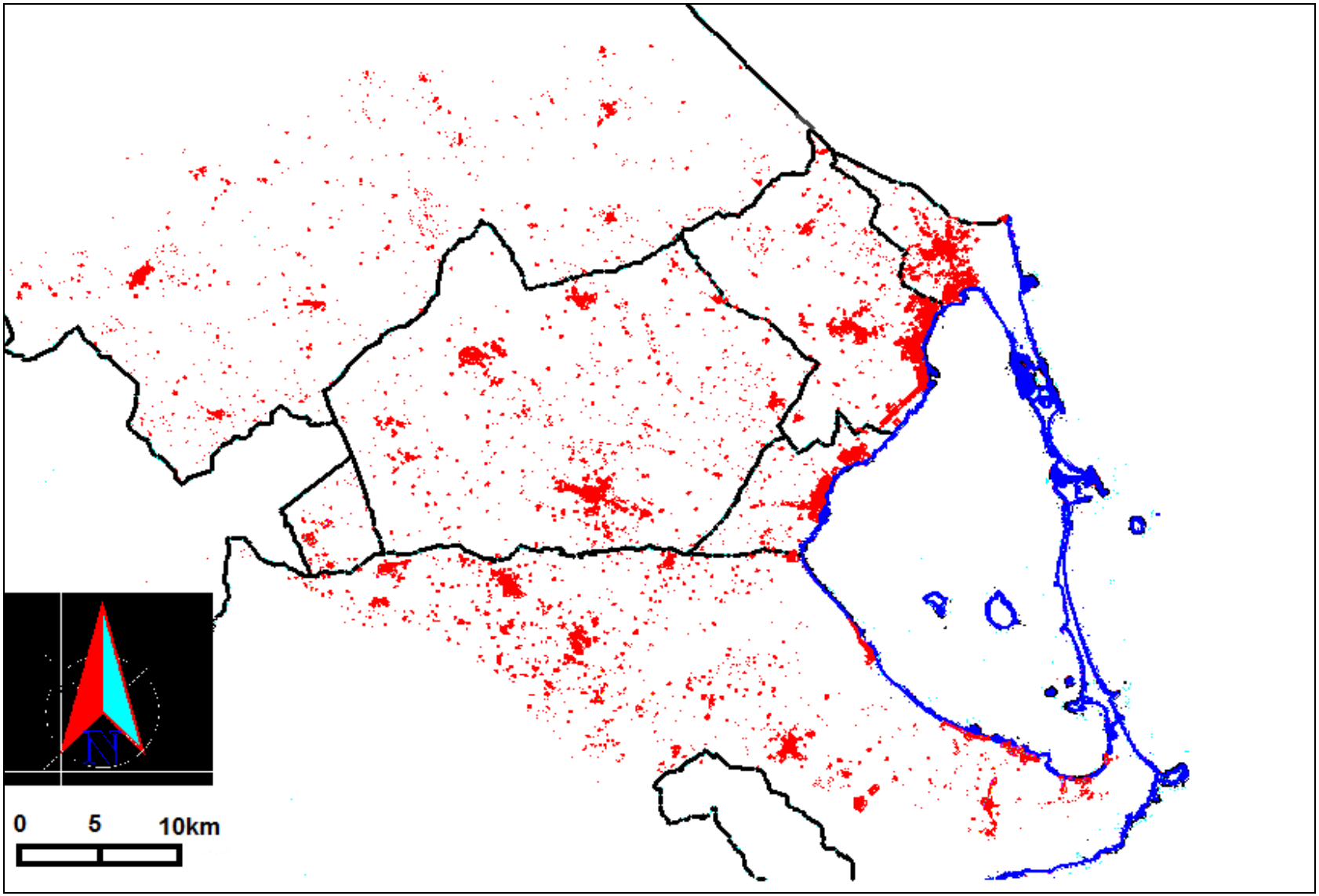


Figura 4.10b. Evolución de la superficie urbanizada en la CCCMM. Año 1981. Fuente: elaboración propia.

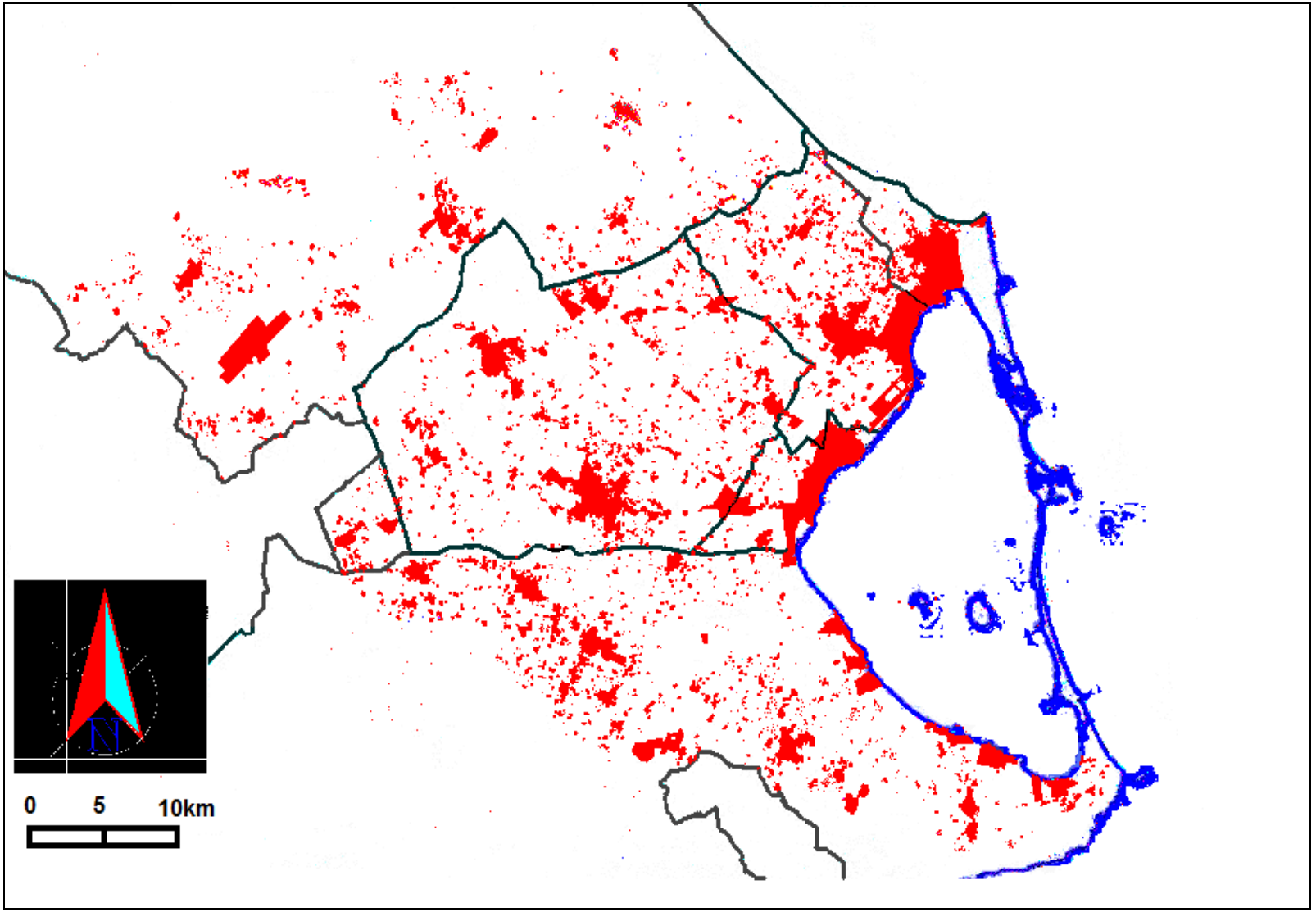


Figura 4.10c. Evolución de la superficie urbanizada en la CCCMM. Año 2011. Fuente: elaboración propia.

1.2. Sellado por resorts

Por la particularidad que tienen estas superficies construidas se ha considerado oportuno dedicarles un apartado independiente.

En la Región de Murcia, el resort se convirtió en una "auténtica epidemia", en especial en el inicio del siglo XXI (François, 2010). Destinado esencialmente a las poblaciones extranjeras, mayoritariamente británicas, el resort es un nuevo modelo turístico y residencial que recuerda el modelo de las *gated communities* (barrios cerrados) con grandes complejos hoteleros y residenciales cerrados. Ocupan grandes superficies y constan de centenares o incluso de millares de viviendas, por lo que artificializan el espacio. Los resort se han convertido en el nuevo emblema de la región (en especial del Campo de Cartagena - Mar Menor), tanto que se podría calificar Murcia de "Resort de Europa" (François, 2010).

La Ley del Suelo de la Región de Murcia, con su carácter liberalizador y municipalista, abre múltiples oportunidades para esta oferta turística y encuentra un extraordinario apoyo en las Directrices y el Plan de Ordenación del Litoral de la Región de Murcia. La importancia de los resort en la Región de Murcia, queda patente en la gran cantidad de noticias relacionadas con ellos en la prensa regional y que han sido analizadas por Ponce Sánchez y Espejo Marín (2011).

1.2.1. Evolución interanual municipal de resorts

Es de destacar como en 1956 no existía en la comarca ningún resort (Tabla 4.2.), lo que se explica por que en esta época el turismo tal y como lo conocemos actualmente no estaba aún desarrollado en la Región.

En 1981, sólo el área correspondiente al municipio de Cartagena contaba con un resort (La Manga Club Resort), que se mantiene en la actualidad con gran atractivo turístico-residencial.

En 2011, el crecimiento de estas superficies urbanizadas ha sido espectacular, con la excepción de San Pedro del Pinatar. Destaca el área correspondiente a Murcia con una superficie ocupada de 12,34 km^2, seguido de Torre Pacheco con 4,36 km^2. En valores relativos, el que más porcentaje de superficie construida tiene en la actualidad es Los Alcázares, seguido de Murcia y Torre Pacheco. En Los Alcázares, por ser el municipio más pequeño, el porcentaje de campos de golf y resort representa el 5,12% (Tabla 4.2.).

Tabla 4.2. Evolución de la superficie digitalizada perteneciente a campos de golf y resorts asociados (km^2) en los diferentes municipios. Fuente: Elaboración propia.

Resorts	Alcázares (Los)	Cartagena	Murcia	San Javier	S. Pedro Pinatar	Torre Pacheco
1956	0	0	0	0	0	0
1981	0	3,77	0	0	0	0
2011	1,01	3,77	12,34	1,06	0	4,36
Municipio (km^2)	19,8	198,5	295,2	75,1	22,3	189,4
Superficie urbanizada (%)	5,12	1,90	4,18	1,41	0	2,30

1.2.2. Evolución Interanual comarcal de resorts

En la comarca, la evolución que la superficie dedicada al deporte del golf y los resorts asociados ha experimentado en la primera década del presente siglo, ha sido espectacular (Figura 4.11). De 1 campo de golf en 1981 se ha incrementado a 12 en 2011, y como estas instalaciones deportivas llevan consigo la construcción de resorts y urbanizaciones, el 14,91% del sellado del suelo en la comarca se ha producido por esta causa. En el área de estudio se ha pasado de 3,7 Km², en 1981 a 22,55 Km², en 2011. Y en porcentaje, del 0,47% en 1981 se ha incrementado al 3% en 2011 (Tabla 4.2).

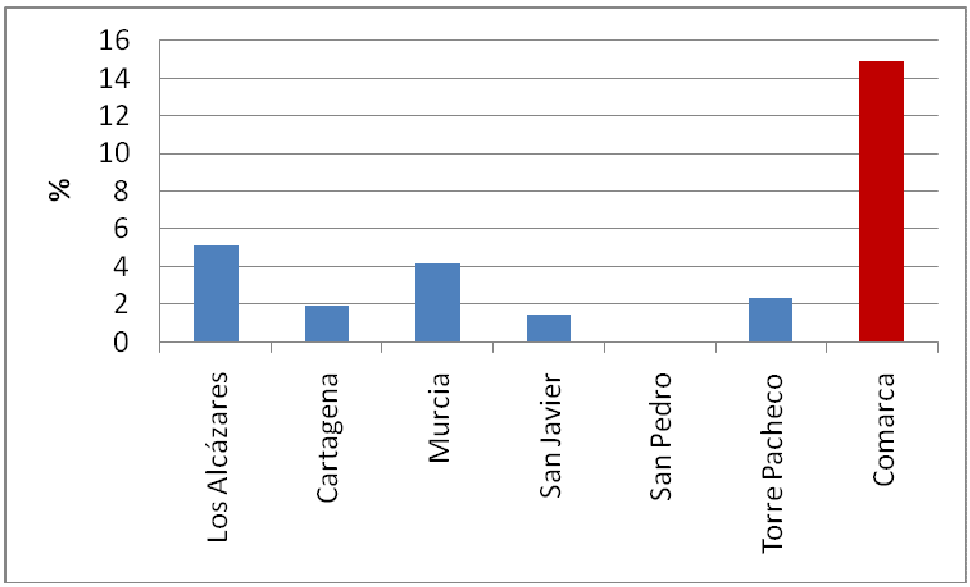


Figura 4.11. Campos de golf y resort por municipios y comarca (%).

1.2.3. Análisis espacial de sellado de suelos por resorts

A nivel espacial, la evolución y localización de los “greens" y urbanizaciones asociadas se puede ver en las figuras 4.12 a 4.16 realizadas mediante digitalización para los distintos municipios.

Los Alcázares (Figura 4.12), desarrolla su opción de golf y resorts al sur del municipio, en las tierras de inundación que se ganaron al abanico aluvial de la rambla del Albujón, una vez encauzada y desviada.

Cartagena (Figura 4.13) posee desde 1972 el primer campo de Golf con resort asociados y con muy buena calidad, al amparo de la atracción turística del desarrollo de La Manga como polo de atracción internacional. En la actualidad está considerado como el mejor complejo de golf/resort en España

El área del municipio de Murcia (Figura 4.14), comienza su desarrollo de golf y resort en los años 2000, abarcando grandes extensiones de terreno urbanizado en las cabeceras de las ramblas del Campo de Cartagena vertientes al Mar Menor, siendo el municipio que dispone de más campos de golf y resorts en la CCCMM.

San Javier (Figura 4.15), muy limitado por sus dimensiones, ubica su único campo de golf con resort en el sur del municipio, ocupa lechos de inundación y ramblas, esto unido físicamente al municipio de Los Alcázares, y aprovechando su ubicación lo más cercano posible a las costas del Mar Menor.

Torre Pacheco (Figura 4.16), ha emplazado sus campos de golf y resorts, en una línea continua, cuyo centro es el propio municipio, que ocupa terrenos de drenaje de ramblas, y sella amplias zonas de terreno, que confluyen en Los Alcázares. Todas estas instalaciones se pueden observar en las imágenes del año 2011, debido a que el “boom” del golf se produjo en los años 2000.



Figura 4.12. Campos de golf en Los Alcázares.



Figura 4.13. Campos de golf en Cartagena.



Figura 4.14. Campos de golf en Murcia.



Figura 4.15. Campos de golf en San Javier.

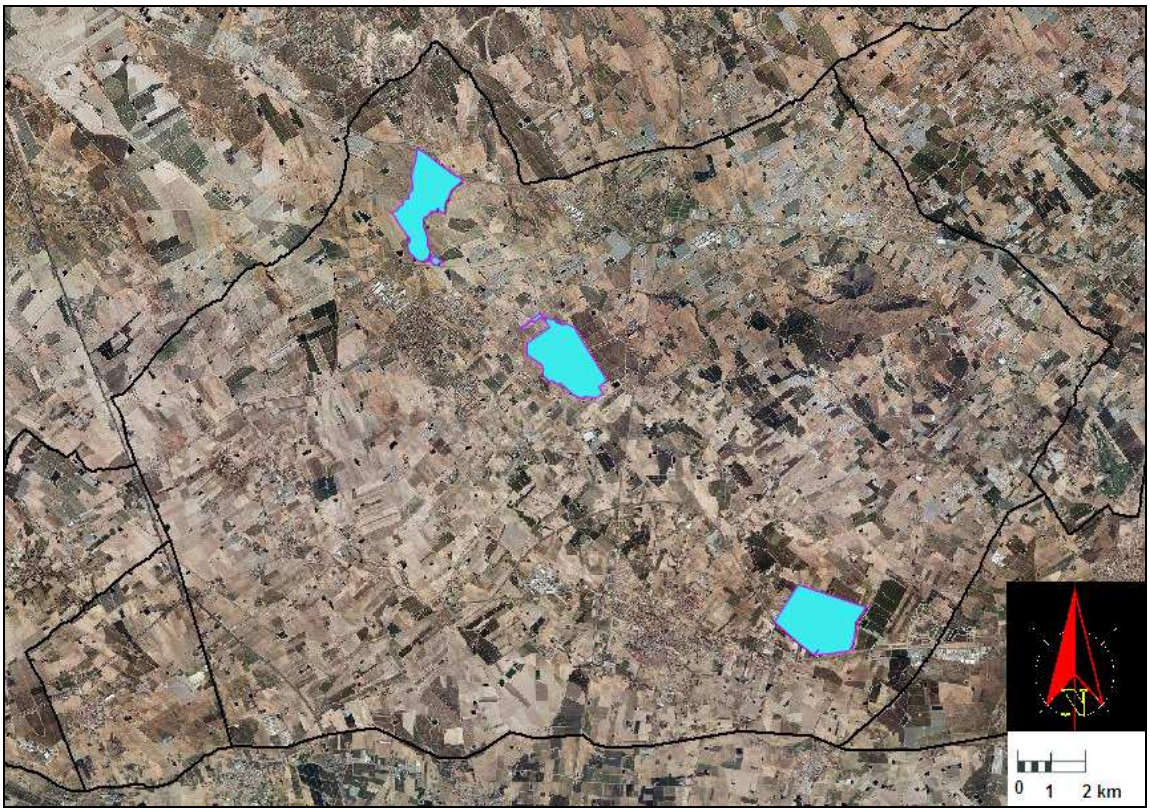


Figura 4.16. Campos de golf en Torre Pacheco.

A nivel comarcal, en la figura 4.17, se puede observar la distribución espacial de todas estas construcciones. En la foto fija de la digitalización realizada en 2011, es posible observar la expansión de este deporte y el crecimiento de campos y áreas residenciales, en especial, en los municipios de Murcia, Torre Pacheco y Cartagena. En el resto de municipios, debido a su menor tamaño, es residual o inexistente como en el caso de San Pedro del Pinatar.

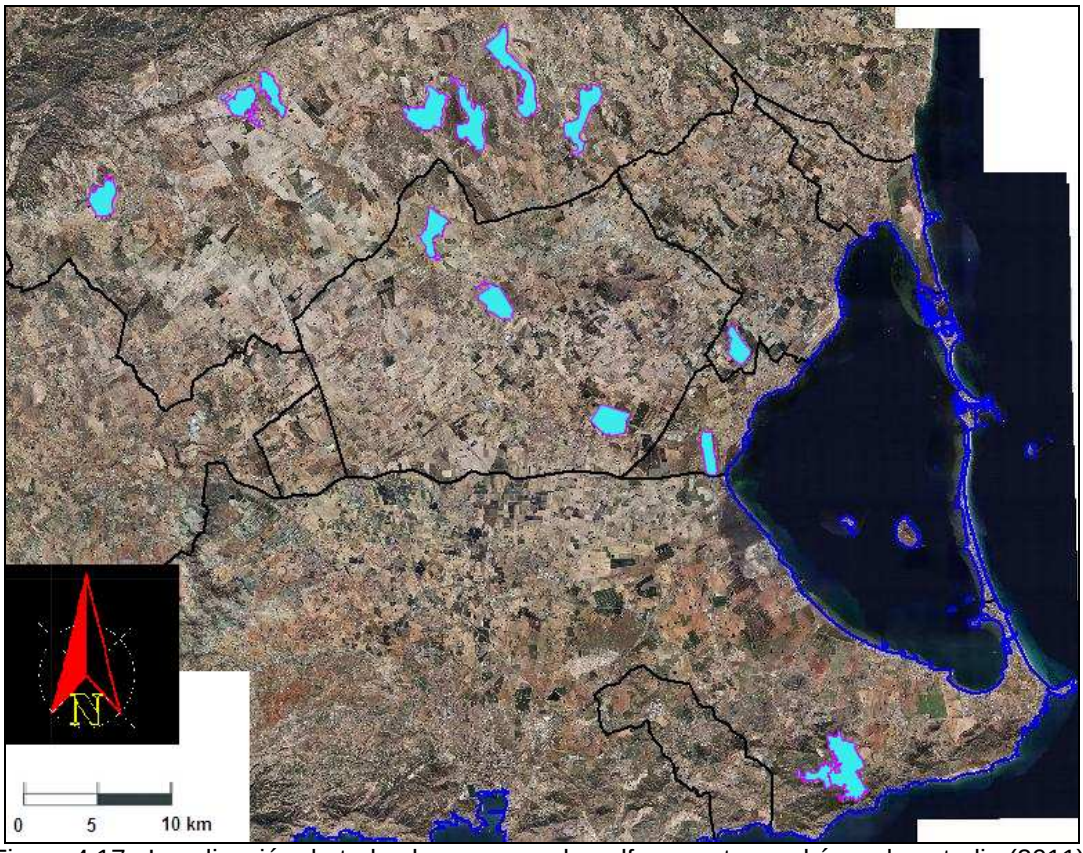


Figura 4.17. Localización de todos los campos de golf y resorts en el área de estudio (2011).

1.3. Sellado por Invernaderos

Al analizar las fotografías aéreas de 1956, se observa cómo en este año no hay evidencias de cultivos bajo plástico. Esto se debe a que este tipo de cultivo, no se había desarrollado aún y requería además de aportes hídricos para riego, de los que la comarca carecía. Los primeros invernaderos en la comarca (Costa Mas y Canales Martínez, 1988), se instalaron en la campaña 1970-71 en San Pedro del Pinar y en el municipio vecino alicantino del Pilar de la Horadada; con posterioridad se difundieron por la ribera del Mar Menor y Torre Pacheco. La época en que el ritmo de construcción adquirió mayor rapidez tuvo lugar entre los años 1974 y 1977. En la ortofoto de 1981 ya se observa un número elevado de invernaderos, y es a partir de esta fecha cuando se produce un incremento muy sustancial hasta la actualidad.

Es de reseñar, a nivel municipal (Tabla 4.3), el aumento tan significativo que entre los años 1981 y 2011 se produce en la superficie ocupada por invernaderos. A nivel comarcal se pasa de 531 ha (5,3 km^2) a 2.924 ha (29,24 km^2); y por municipios son Torre Pacheco y San Javier los que han visto aumentar, de forma muy notable, la superficie dedicada a este sistema de cultivo. En el caso de Torre Pacheco en 1981 sólo tenía 128 ha de invernaderos y en 2011 superaba las 1.000 ha (10,87 km^2) de superficie.

Tabla 4.3. Superficie ocupada por invernaderos en la CCCMM, mediante digitalización. Fuente: elaboración propia. *Superficie del municipio en la comarca.

	Superficie municipal	Invernaderos 1981		Invernaderos 2011	
Municipio	**km²**	**km²**	**%**	**km²**	**%**
Los Alcázares	19,8	0,02	0,90	0,19	0,95
Cartagena*	198,5	0,23	0,11	2,44	1,23
Murcia*	295,2	0,56	0,19	3,72	1,26
San Javier	75,1	2,40	3,20	10,02	13.34
San Pedro	22,3	0,82	3,69	1,99	8,94
Torre Pacheco	189,4	1,28	0,67	10,87	5,73
Total Comarca	**800,3**	**5,31**	**0,66**	**29,24**	**3,65**

1.3.1. Evolución Interanual municipal de invernaderos

A nivel municipal (Tabla 4.3), en el año 1956 aún no se habían instalado este tipo de estructuras, es en el año 1981, cuando se inicia el despegue de este tipo de construcción agrícola en la Región de Murcia y en la comarca, con la llegada de las aguas del trasvase Tajo-Segura.

En el año 1981 destacan en construcción de invernaderos los municipios de San Javier y Torre Pacheco con 2,41 y 1,28 km² respectivamente (Tabla 4.3), seguidos de San Pedro del Pinatar, Murcia y Cartagena, obteniendo el último lugar en superficie de invernaderos Los Alcázares con tan sólo 0,02 km².

Desde el año 1981 hasta 2011 (Figura 4.18), la evolución de este tipo de construcción se ha desarrollado de manera muy importante, siendo en el año 2011, cuando se observa la consolidación de este tipo de cultivos bajo plásticos, en especial en Torre Pacheco y San Javier. Esto supone que de los 189,4 km² que tiene el primer municipio, están ocupados por invernaderos 10,87 Km². Mientras que, de los 75,10 km² de superficie que posee el municipio de San Javier, 10,03 km² están ocupados de invernaderos. La evolución que han sufrido estos municipios ha sido sorprendente, sobre todo en el caso de San Javier, si se tiene en cuenta su pequeña superficie. El municipio que menos ha visto modificado su paisaje, por causa de los invernaderos, ha sido Los Alcázares.

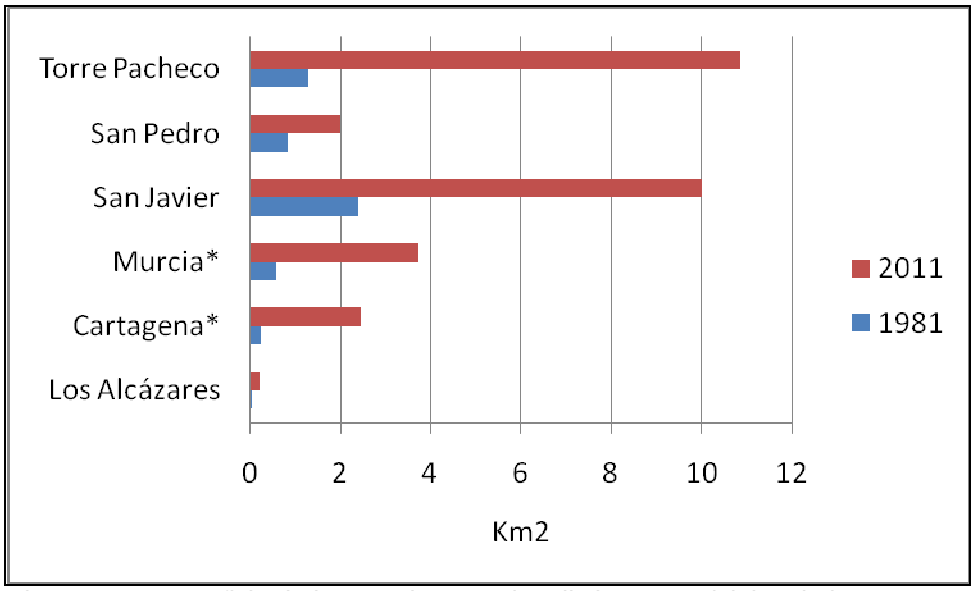


Figura 4.18.Superficie de invernaderos en los distintos municipios de la CCCMM.

Destacan pues los municipios de Torre Pacheco y San Javier con más de 10 km² de superficie de invernaderos, seguidos de Murcia y Cartagena, ocupando los últimos puestos en superficie sellada por invernaderos, Los Alcázares y San Pedro del Pinatar.

La evolución espacial de las superficies ocupadas por invernaderos de los distintos municipios se puede ver en las distintas figuras adjuntas de Los Alcázares (Figura 4.19), Cartagena (Figura 4.20), Murcia (Figura 4.21), San Javier (Figura 4.22), San Pedro del Pinatar Figura 4.23), Torre Pacheco (Figura 4.24), para los años 1981 y 2011.

1.3.2. Evolución Interanual comarcal de Invernaderos

A nivel comarcal se puede ver como la superficie dedicada a invernaderos, ha pasado de 5,35 km² en 1981 a 29,24 km² en 2011 (Tabla 4.3).

En la actualidad, una gran parte de la superficie comarcal está ocupada por estas estructuras. En la figura 4.25, se muestra la distribución general de los invernaderos en los años 1981 y 2011, y en estas imágenes se puede apreciar la importante transformación del espacio.

En 1981 los invernaderos aun no suponían un agente transformador del paisaje de relevancia. Empezaban a desarrollarse, de forma aislada, al norte del área de estudio, pero sin presentar una clara zonificación y densidad. La dicotomía secano-regadío propia de la Región de Murcia aun estaba latente en esta fecha, con una alternancia de regadío en invernaderos y cultivos al aire libre. Es en la imagen correspondiente a 2011, donde ya se puede apreciar el considerable cambio.

La evolución que han sufrido estos municipios ha sido vertiginosa, sobre todo en el caso de San Javier, si se tiene en cuenta su pequeña superficie. El municipio que menos ha visto modificado su paisaje, por causa de los invernaderos, ha sido Los Alcázares (Figura 4.19). En esta localidad, de escasa superficie, la actividad económica se ha orientado más hacia el turismo de segunda residencia, de forma que los invernaderos son muy escasos. No obstante, la evolución con el paso de los años, se ha producido casi al mismo ritmo que en los dos casos anteriores, puesto que ha multiplicado por diez su superficie ocupada, aunque partía de un valor más pequeño.

Es de destacar la enorme concentración de superficie de invernaderos en los municipios centrales de la comarca como son San Javier y Torre Pacheco (Figura 4.25) mientras que los municipios de San Pedro del Pinatar y Los Alcázares la densidad es mucho menor.

En 1981 aparece una ubicación dispersa de invernaderos en los diferentes municipios y se empieza a advertir una ligera concentración en San Pedro del Pinatar (Figura 4.23a), San Javier (Figura 4.22a) y Torre Pacheco (Figura 4.24a) siendo puntual en Cartagena (Figura 4.20a) y Murcia (Figura 4.21a) y casi inexistente en los Alcázares (Figura 4.19a).

En 2011 la expansión de los cultivos de invernaderos es muy significativa en la CCCMM. En la zona norte del Mar Menor (al norte de la Rambla del Albujón) es en donde se encuentra más desarrollado este tipo de cultivos, destacando los municipios de San Javier (Figura 4.22b) y Torre Pacheco (Figura 4.24b), siguiendo en extensión San Pedro del Pinatar (Figura 4.23b) , Cartagena(4,20b) y Murcia (Figura 4.21b)., mientras que en la zona sur del Mar Menor, las estructuras de los invernaderos surgen de manera muy puntual y escasa, en relación con el sector norte (Figura 4.25).

En conjunto, las superficies de suelo selladas por invernaderos en el año 2011 ocupaban 29,24 km^2, lo que representa el 3,65 % de la comarca.

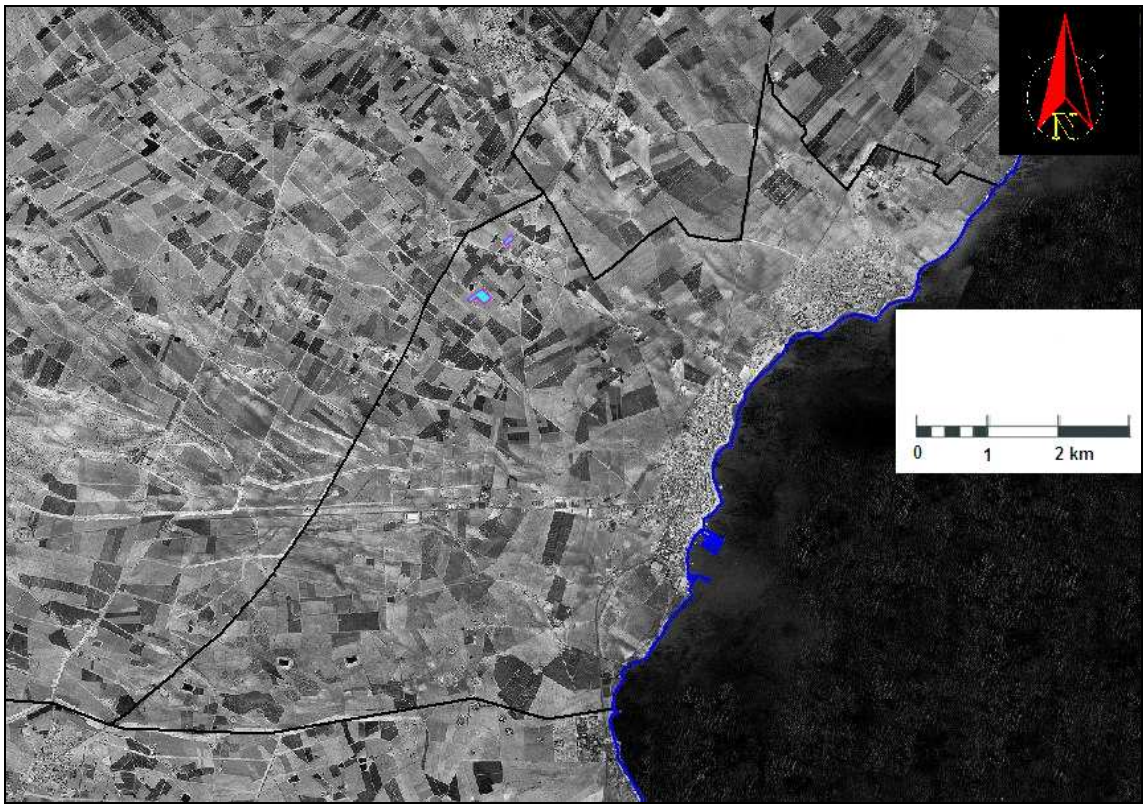


Figura 4.19a.Superficie de invernaderos en Los Alcázares. Año 1981. Fuente: elaboración propia.



Figura 4.19b.Superficie de invernaderos en Los Alcázares. Año 2011. Fuente: elaboración propia.

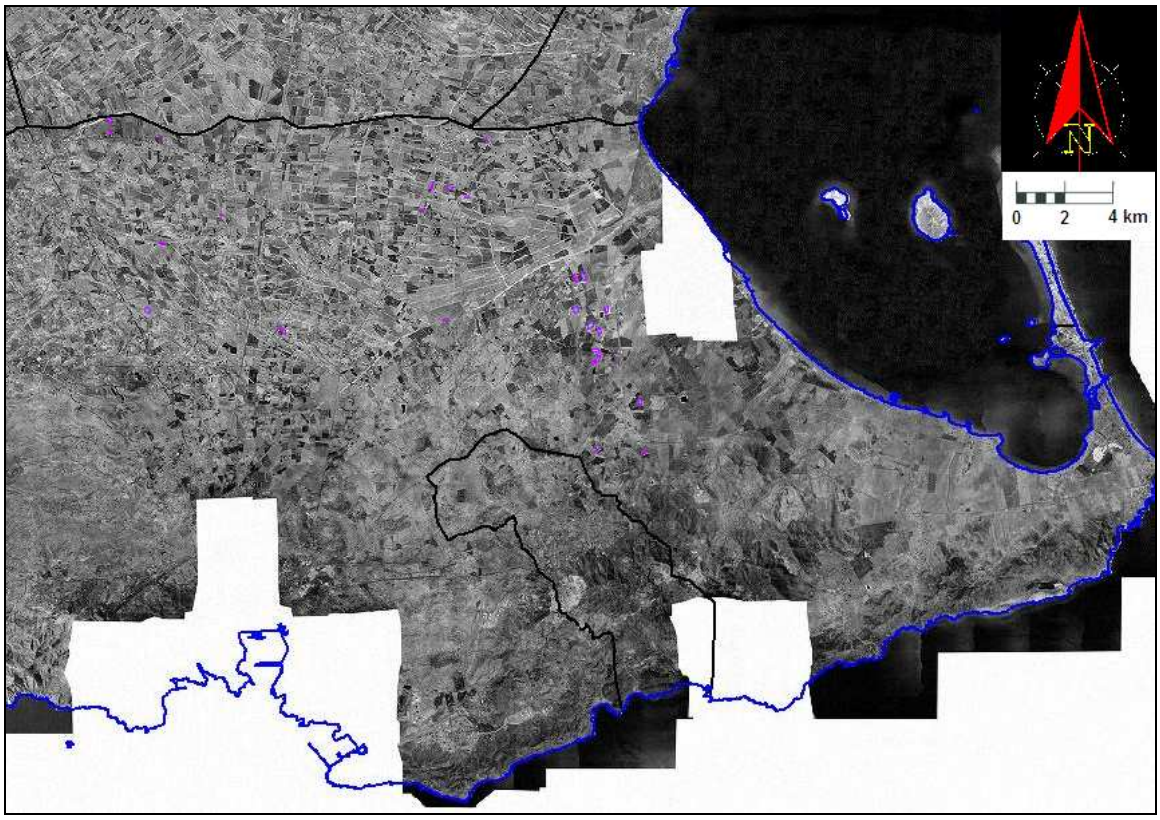


Figura 4.20a.Superficie de invernaderos en Cartagena. Año 1981. Fuente: elaboración propia.

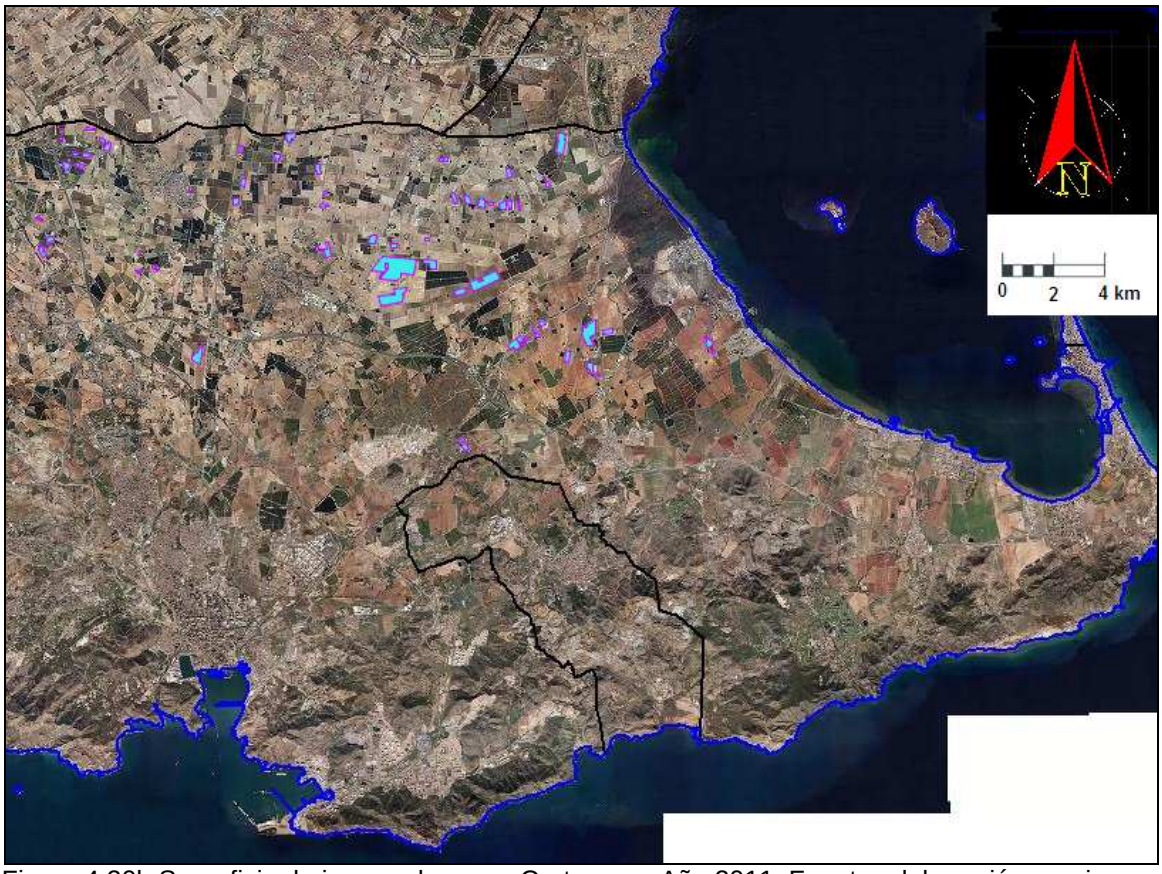


Figura 4.20b.Superficie de invernaderos en Cartagena. Año 2011. Fuente: elaboración propia.

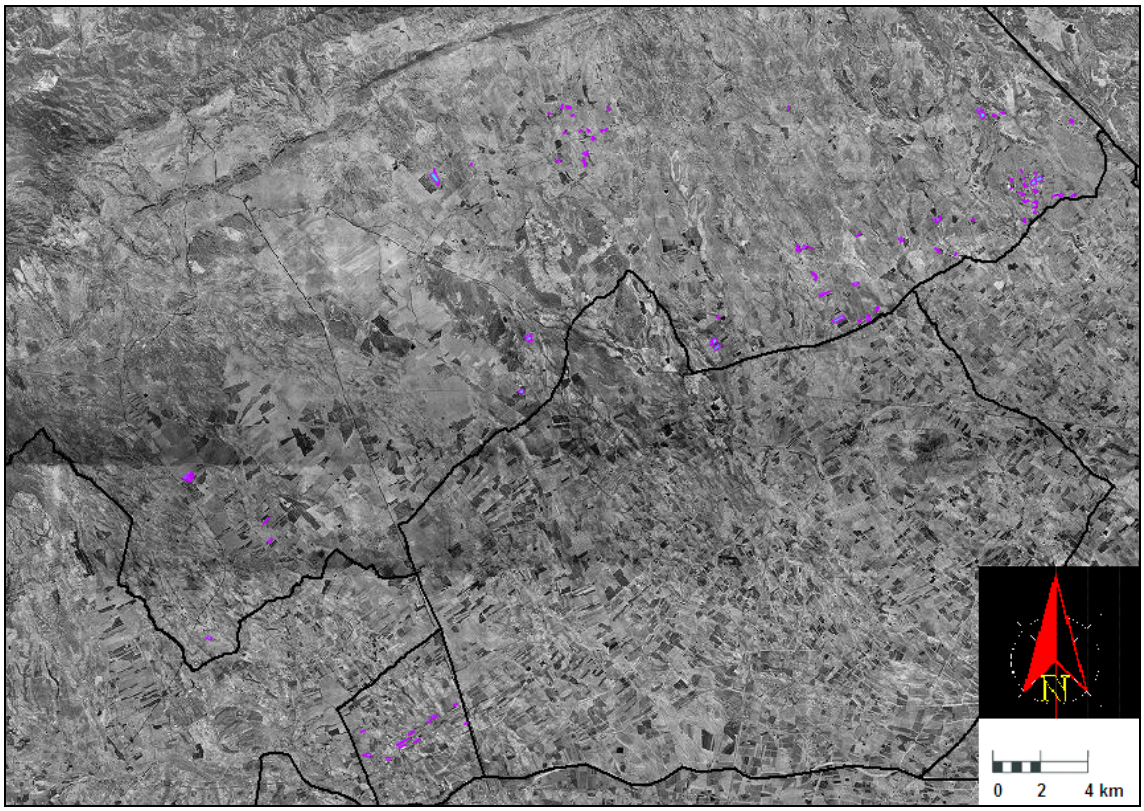


Figura 4.21a.Superficie de invernaderos en Murcia. Año 1981. Fuente: elaboración propia.

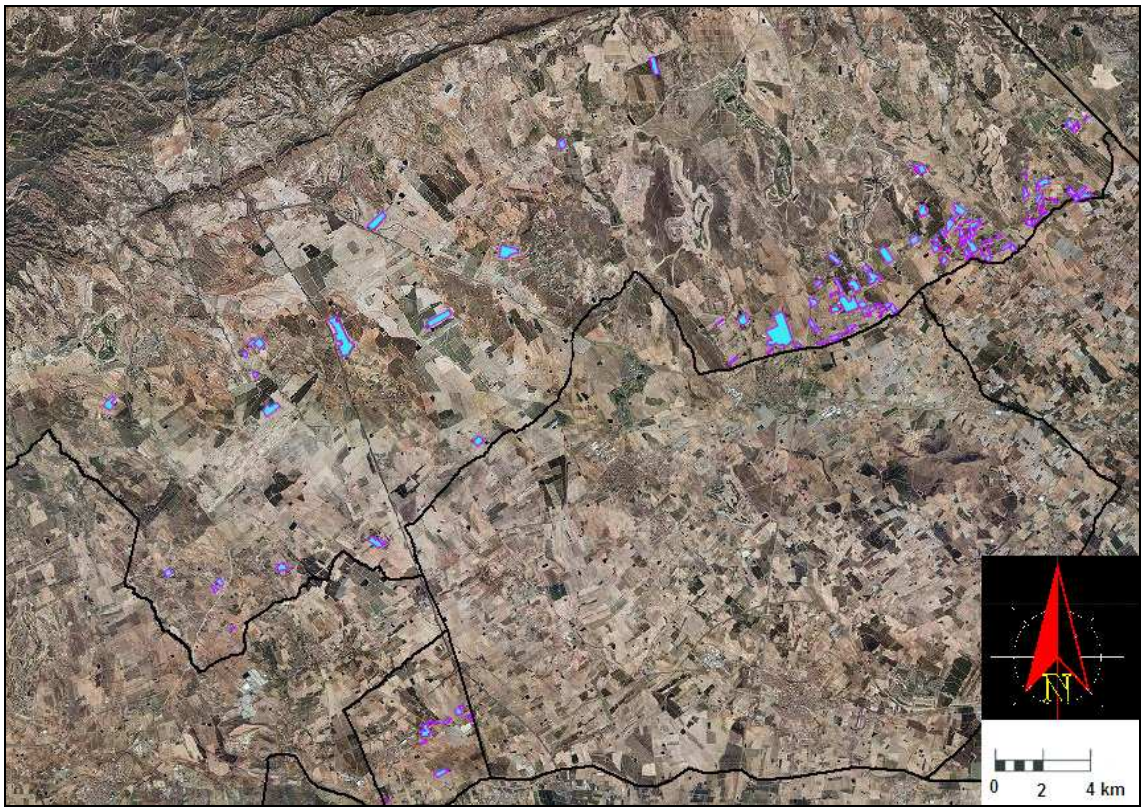


Figura 4.21b.Superficie de invernaderos en Murcia. Año 2011. Fuente: elaboración propia.

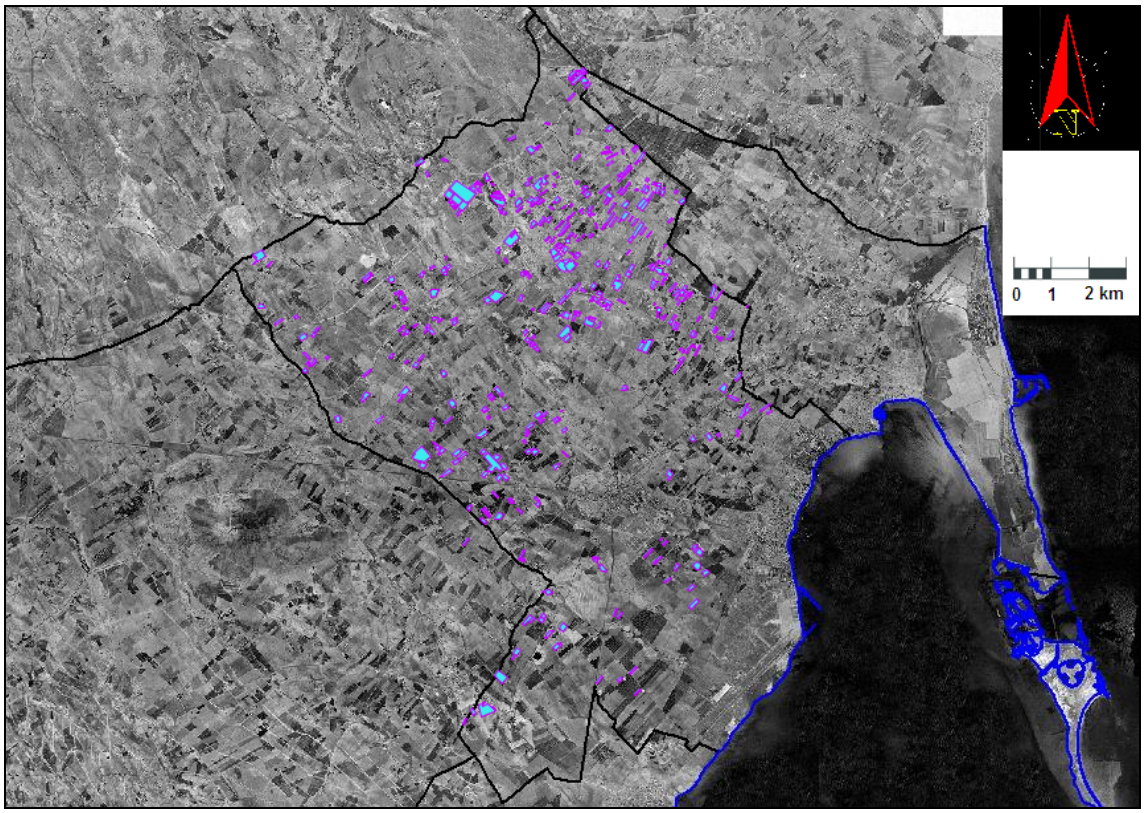


Figura 4.22a. Superficie de invernaderos en San Javier. Año 1981. Fuente: elaboración propia.

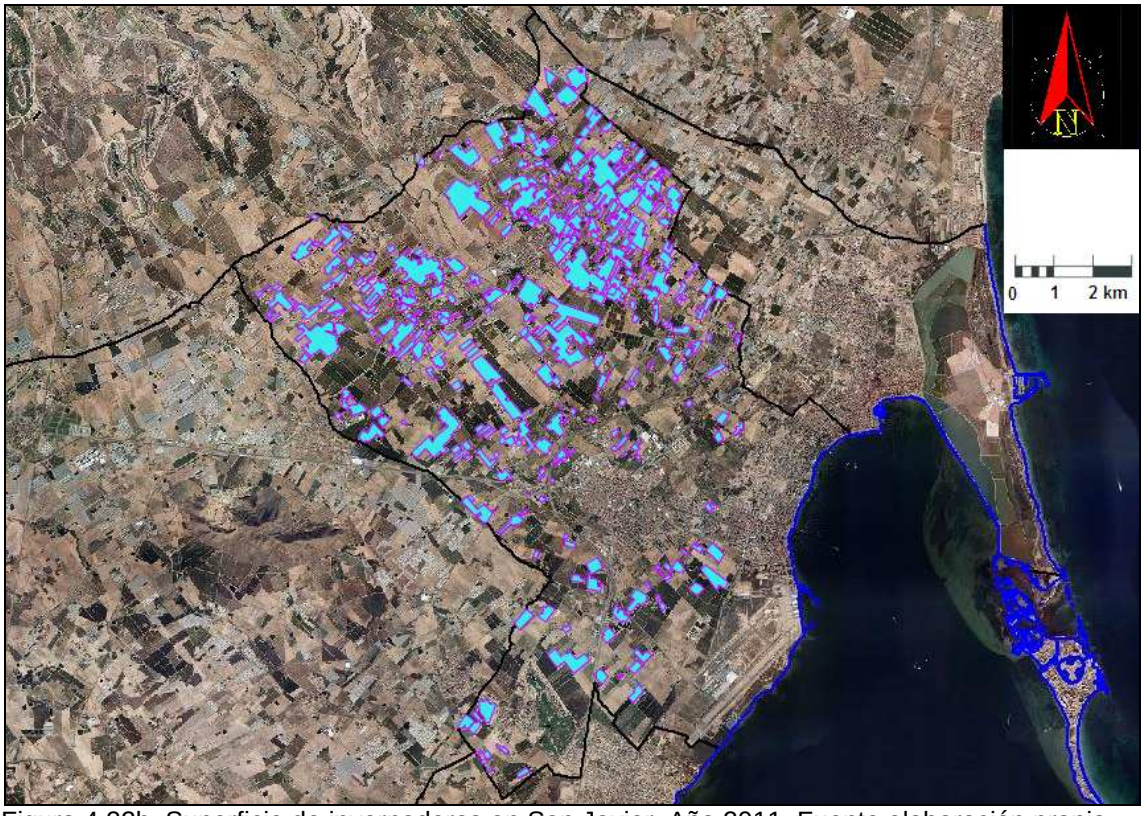


Figura 4.22b. Superficie de invernaderos en San Javier. Año 2011. Fuente elaboración propia.

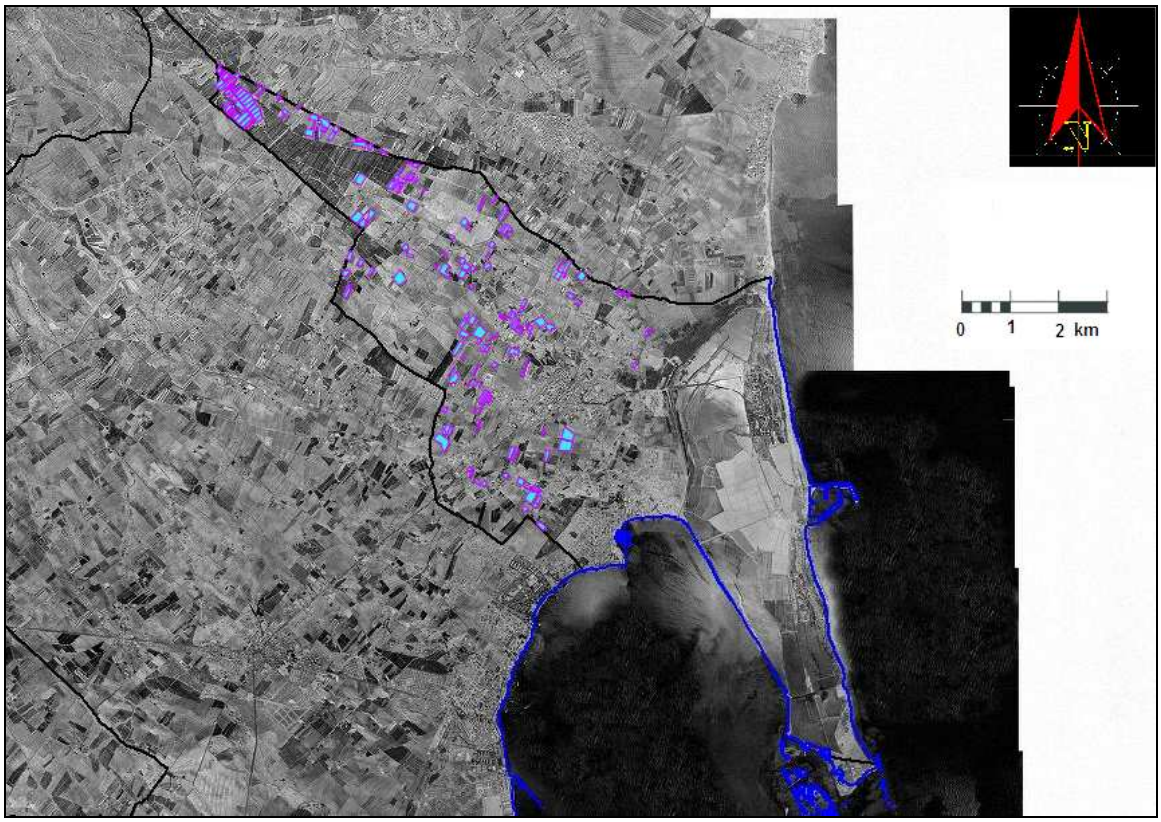


Figura 4.23a. Superficie de invernaderos en San Pedro del Pinatar. Año 1981. Fuente: elaboración propia.



Figura 4.23b. Superficie de invernaderos en San Pedro del Pinatar. Año 2011. Fuente: elaboración propia.

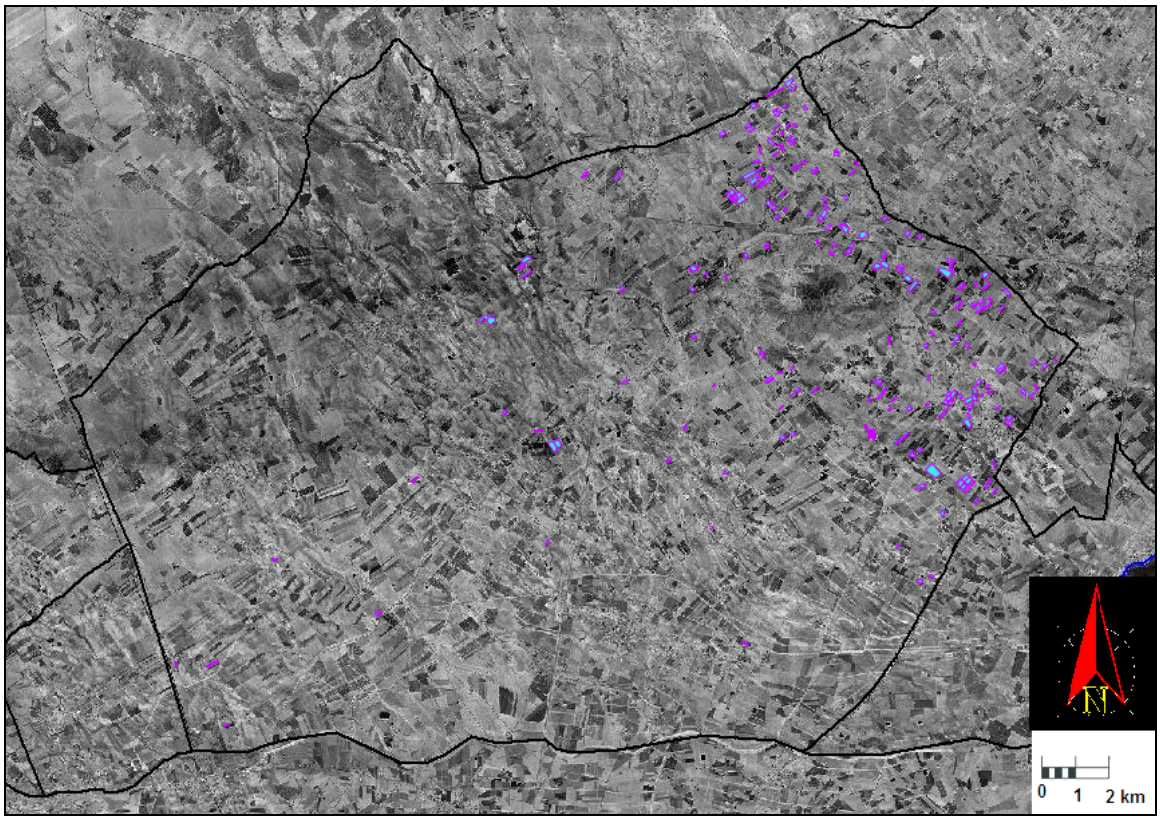


Figura 4.24a. Superficie de invernaderos en Torre Pacheco. Año 1981. Fuente: elaboración propia.

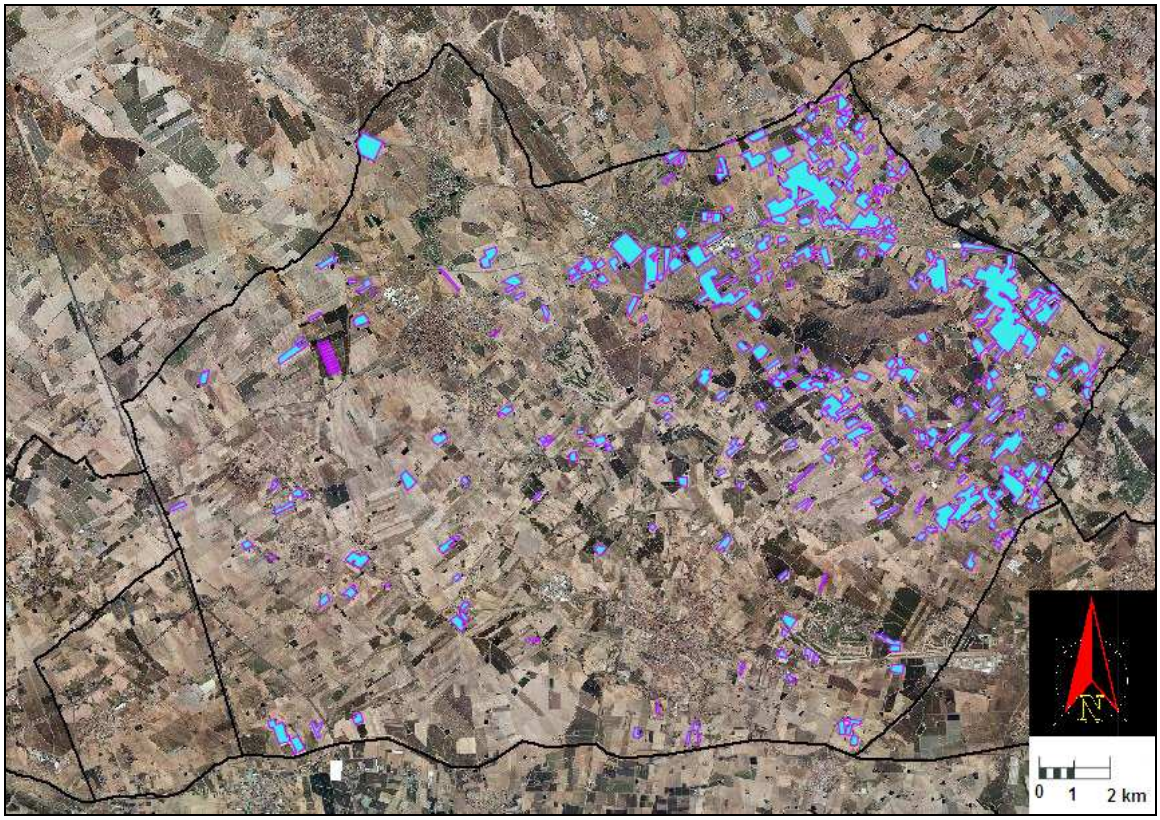


Figura 4.24b. Superficie de invernaderos en Torre Pacheco. Año 2011. Fuente: elaboración propia.

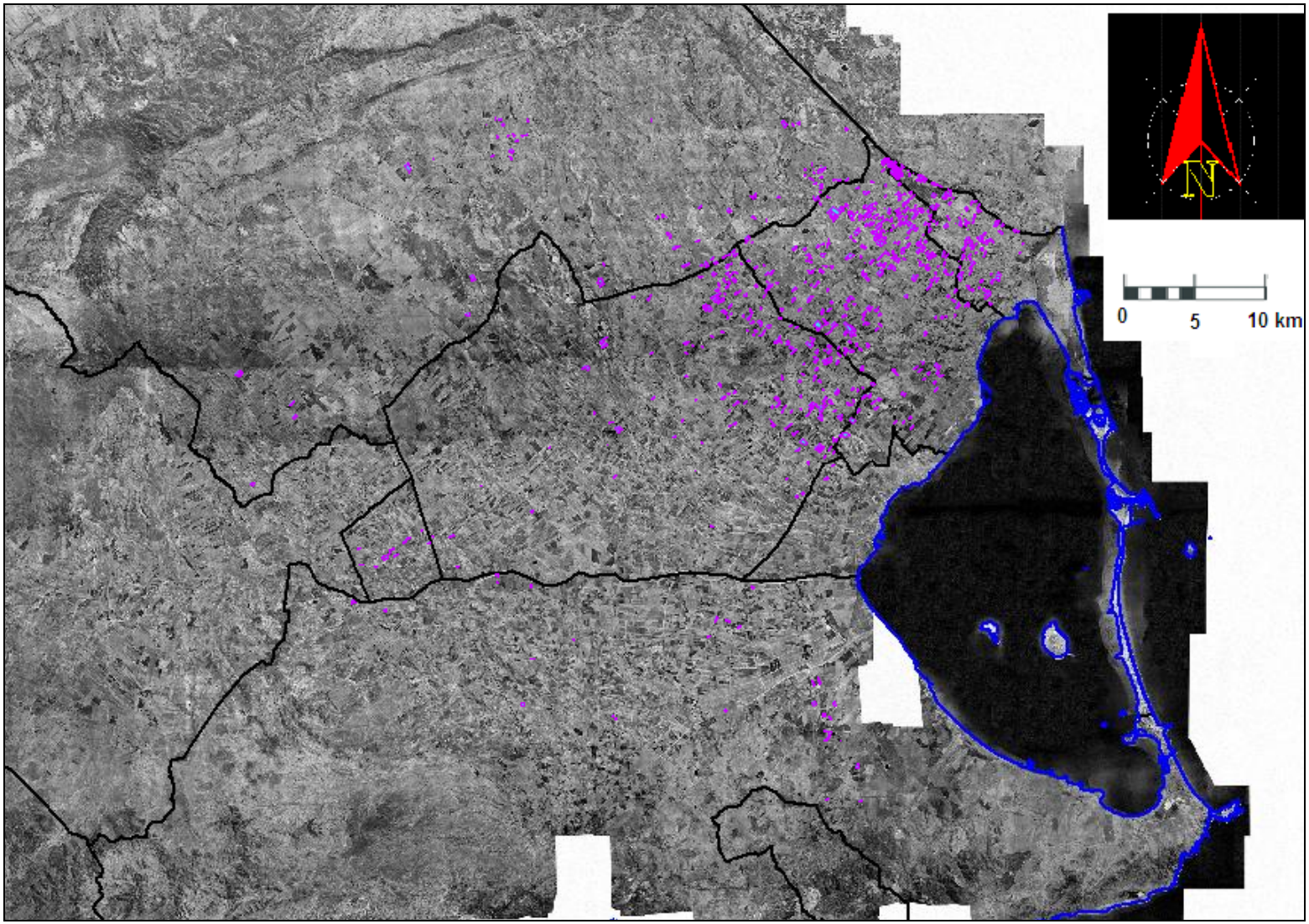


Figura 4.25a. Evolución de la superficie de invernaderos en la CCCMM. Año 1981. Fuente: elaboración propia.

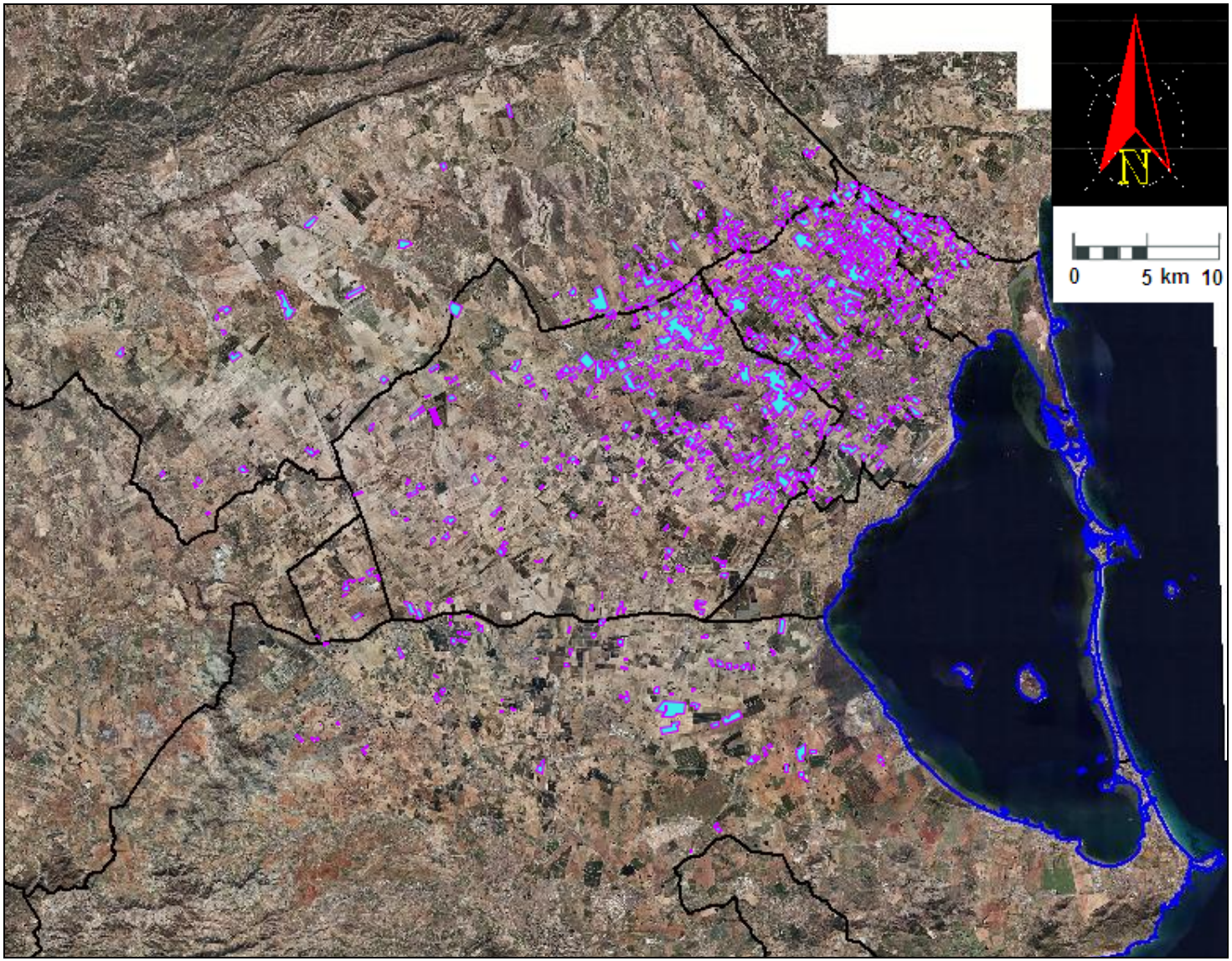


Figura 4.25b. Evolución de la superficie de invernaderos en la CCCMM. Año 2011. Fuente: elaboración propia.

1.4. Sellado de suelos por red viaria

Las vías de comunicación constituyen otro de los elementos sellantes del suelo, especialmente las carreteras asfaltadas en sus diferentes tipologías. La actividad agrícola actual de la comarca con vocación exportadora y el incremento de la actividad turístico-residencial ha hecho que el número de vías de comunicación aumente, al tiempo que a las antiguas se les ha incrementado su anchura, por el mayor número de vehículos que transitan por ellas y el tamaño de los mismos.

Hasta 1984, en que se iniciaron los traspasos de competencias de las redes comarcales a las comunidades autónomas españolas, la red de transporte por carretera contaba con pocos kilómetros de vías principales cuyo trazado presentaba un franco objetivo de unión del área con la red concéntrica nacional a Madrid. La conexión interna regional y con las provincias limítrofes se realizaba por medio de vías antiguas y obsoletas que ya desde los años setenta daban muestra de su mal estado, con la llegada de los primeros turistas extranjeros a la zona. Desde entonces, la red viaria de la CCCMM ha experimentado un fuerte impulso con la construcción de las primeras autovías, A-30, AP-7, RM-1, RM-2 y RM-19 que han sido capaces de minimizar el efecto de perificidad que soportaban con anterioridad a finales del S. XX, en el contexto general del Arco Mediterráneo. Hay que subrayar también la importancia en la mejora realizada en el área de estudio en todas las carreteras de segundo y tercer orden, que cierran el entramado de conexión interna entre las diferentes poblaciones.

Por otro lado, están las carreteras y viales construidos para el abastecimiento de las explotaciones agrarias y logística de sus productos. Con la llegada de las primeras aguas trasvasadas en los años ochenta, la red de caminos se densificó exponencialmente para cubrir estas necesidades y las propias de mantenimiento y gestión de los canales del post-trasvase o de distribución del agua. Las facilidades de movilidad proporcionadas por estas últimas, posibilitaron el crecimiento de las explotaciones agrícolas y con ellas se fueron construyendo kilómetros de viales de tercera y cuarta categoría, destinadas a la intercomunicación de esas explotaciones con las vías principales y con los centros de almacenaje y redistribución.

En cuanto a la red viaria de carreteras, si bien la longitud de las vías suele variar poco, las anchuras de las vías debido a la intervención del estado, las comunidades autónomas ayuntamientos y en algunos casos vecinos o empresas, puede dar lugar a variaciones.

Es por ello que se han tomado una serie de medidas estándares, estimadas a través de digitalización y medidas sobre el terreno, así como también se han tenido en cuenta las medidas de anchuras de viales del ministerio de Obras públicas y Ministerio de Fomento.

Se ha establecido una medida media por tipo de vía y años (Tabla 4.4) y con estos anchos y la longitud de cada uno de los viales, se han obtienen los valores de superficie sellada por infraestructuras de carreteras en el área de estudio (Tabla 4.5)

Tabla 4.4. Estimación de los anchos medios de viales. Fuente: Elaboración propia.

Anchos de vía según tipos (m)	**1956**	**1981**	**2011**
Autopistas y autovías	n/d	n/d	35
Carreteras nacionales	7	10	11
Carreteras comarcales y locales	5	6	7
Caminos de servicio	-	-	5

En los primeros fotogramas del año 1956, no existe una red de carreteras definida como tal, tan sólo dos carreteras principales, la N301, la N332 (Figura 4.26) El resto de vías de comunicación son caminos, algunos de zahorra, otros de tierra, generando una red de caminos que se entrelaza uniendo los caseríos y casas de una población diseminada, con los núcleos más relevantes del área o con otras pequeñas agrupaciones (Figura 4.27)

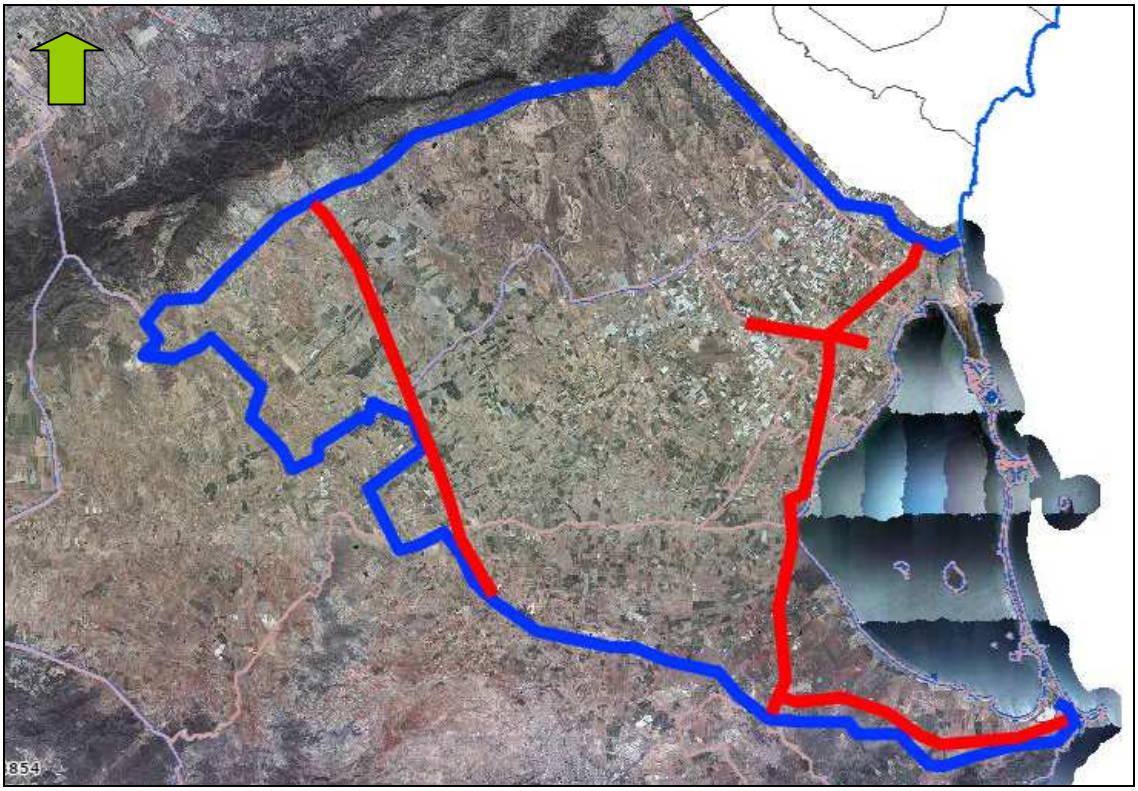


Figura 4.26. Red de carreteras nacionales (en rojo) del área de estudio en el año 1956. Escala aproximada 1:300000 Fuente: elaboración propia.

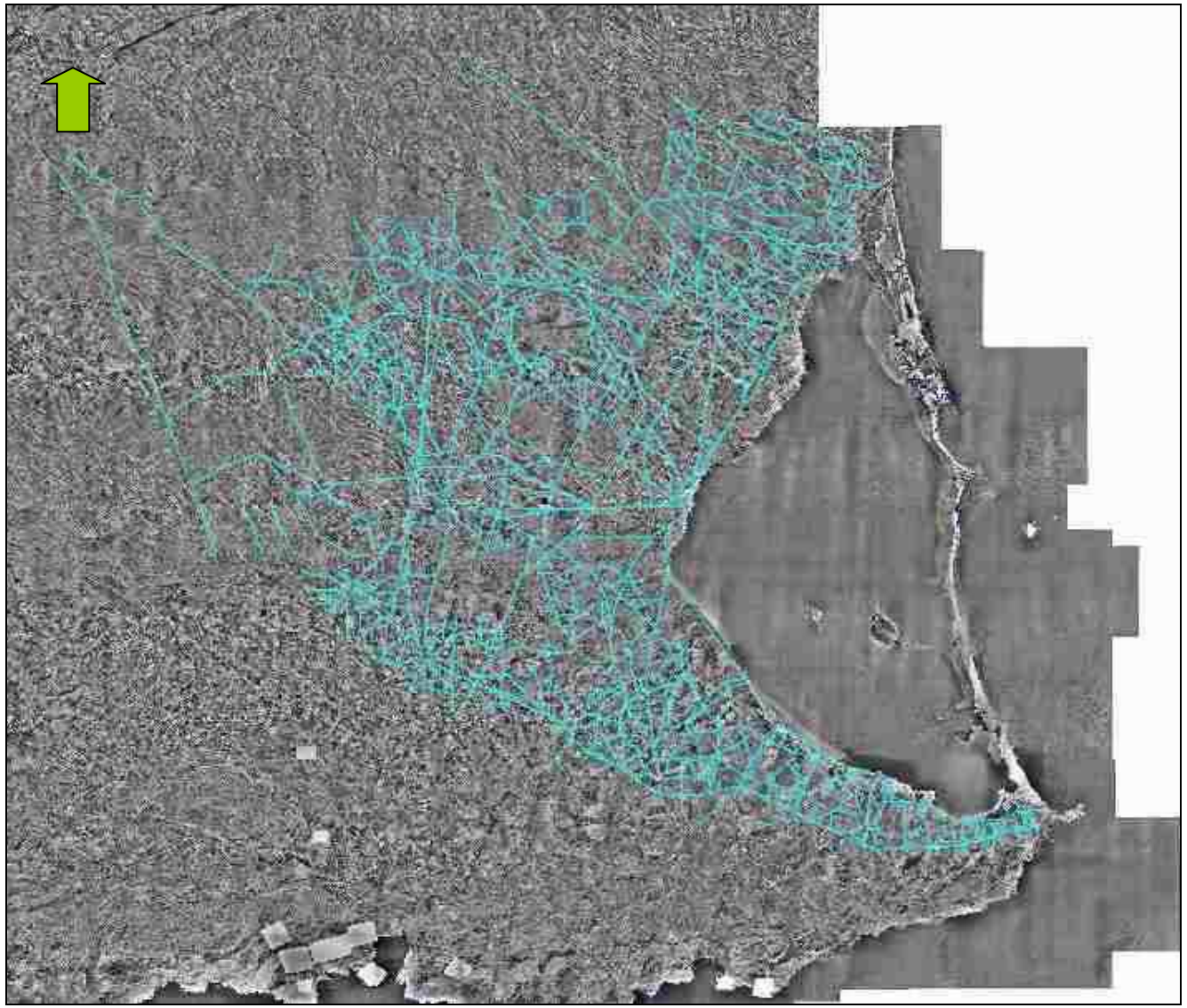


Figura 4.27. Red de caminos en el año 1956. Escala aproximada 1:150000. Fuente: elaboración propia.

En el año 1981, el crecimiento de las infraestructuras es notable y se configura ya, el actual estado de carreteras tanto de primer, segundo y tercer nivel u orden, siendo su estado físico, de asfaltado en casi todos los casos (Figura 4.28). De igual manera se puede observar como los caminos de servicio a los que se va a dotar al área de estudio con motivo de la llegada de las aguas del trasvase, se están finalizando, siendo claro el movimiento de tierras (Figura 4.29), en 2011 (Figura 4.30) el estado de los caminos ya terminados, contabilizándose un total de 778 km de longitud de este tipo de caminos asfaltados, según datos de la Comunidad de regantes del Campo de Cartagena.

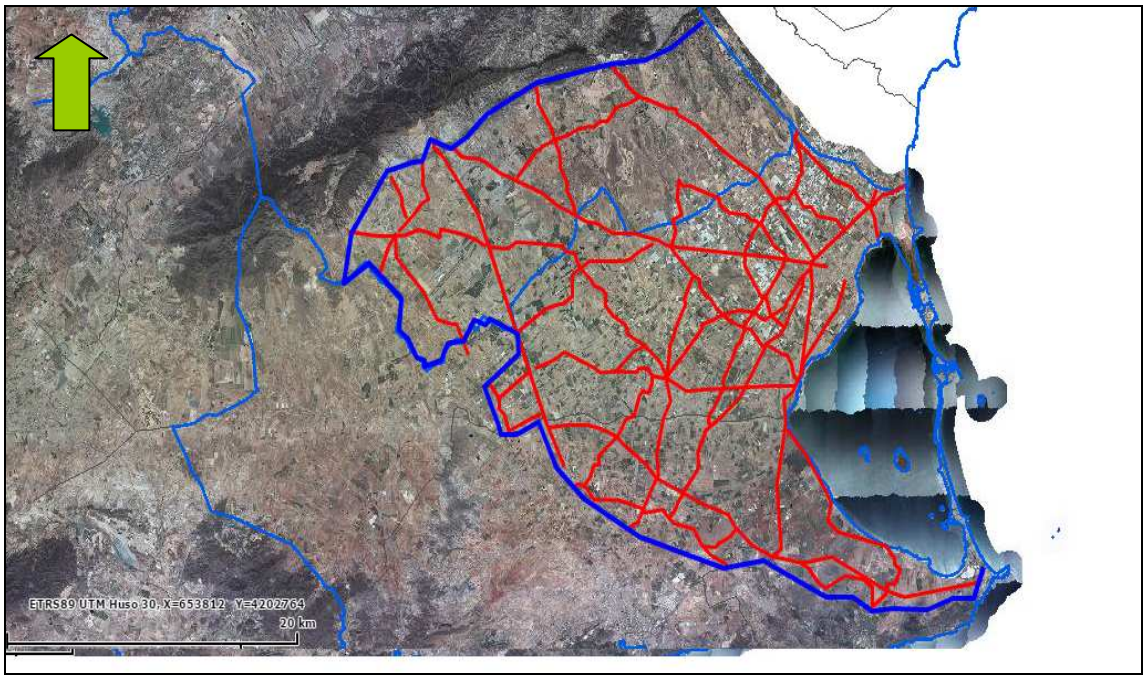


Figura 4.28. Red de carreteras del área de estudio en el año 1981.
Escala aproximada 1:300000. Fuente elaboración propia.

En la Figura 4.31, las imágenes nos muestras un gran salto cuantitativo y cualitativo en infraestructuras en el tiempo, con el ejemplo de l evolución de las carreteras comarcales (RMF-35 y RMF-26) en los años (1956,1981 y 2011). en toda el área de estudio.

Las autopistas y autovías atraviesan la comarca y facilitan el desarrollo tanto de agricultura, turismo e industria, poniendo en comunicación a la región con la capital, Madrid, y el corredor mediterráneo, (Figura 4.33).



Figura.4.29. Detalle del estado de los caminos de servicio en el año 1981. Fuente sit Murcia.



Figura 4.30. Detalle del estado de los caminos de servicio en el año 2011. Fuente sitMurcia.



Figura. 4.31. Comparativa de la evolución de las carreteras comarcales y regionales en el área de estudio. Intersección de las carreteras RMF-35 y RMF-26)
(Imagen superior 1956, media 1981, inferior 2011.

De los datos que se recogen en la tabla 4.6 se desprende como las carreteras en el área de estudio han evolucionado de manera considerable desde los años 50 a los años 80 del siglo pasado, incrementándose su desarrollo desde 1986 hasta 2011 (Figura 4.32).

La red de carreteras en el año 1956 en el área de estudio se limitaba a las carreteras N301, N332 y la carretera MU-3120**,** antigua carretera de Pozo Aledo, aunque la red de caminos era muy extensa y unía las poblaciones de mayor entidad con la gran cantidad de viviendas diseminadas existentes en el área de estudio.

Tabla 4.5. Evolución de las carreteras en los años 1956, 1981 y 2011 en el área de estudio. Fuente: Elaboración Propia

1956		**1981**		**2011**	
Carretera	**Km**	**Carretera**	**Km**	**Carretera**	**Km**
MU-3120	4,72	T 312-1,2	19,26	T 312-1,2	4,59
N301	28,49	RM-9,	5,68	RM-9,	5,68
N332	27,80	RM-14,	3,48	RM-14,	3,48
Total Km	**61,01**	RM-601,	14, 95	RM-601,	14,95
Total Km²	**0.47**	RMF-19,	3, 70	RMF-19,	3,70
		RMF-56,	4,62	RMF-56,	4,62
		RMF-12,	11,72	RMF-12,	11,72
		RMF-14,	10,00	RMF-14,	10,00
		RMF-30,	7,08	RMF-30,	7,08
		RMF-36,	7,02	RMF-36,	7,02
		RMF-51,	6,58	RMF-51,	6,58
		RM-311,	15,10	RM-311,	15,10
		RMF-38,	4,52	RMF-38,	4,52
		RMF-39,	0,67	RMF-39,	0,67
		RMF-25,	6,64	RMF-25,	6,64
		RMF-33,	2,90	RMF-33,	2,90
		RMF-32,	2,33	RMF-32,	2,33
		RMF-37,	9,15	RMF-37,	9,15
		RMF-24,	9,63	RMF-24,	9,63
		RMF-48,	9,50	RMF-48,	9,50
		RMF-54,	14,39	RMF-54,	14,39
		RMF-26,	10,30	RMF-26,	10,30
		RMF-23,	5,63	RMF-23,	5,63
		RMF-13,	8,43	RMF-13,	8,43
		RME-6,	3,20	RME-6,	3,20
		RMF-20,	4,22	RMF-20,	4,22
		RME-9,	2,31	RME-9,	2,31
		RMF-21,	15,34	RMF-21,	15,34
		RME-5,	3,95	RME-5,	3,95
		RMF-22,	8,75	RMF-22,	8,75
		RME-7,	4,48	RME-7,	4,48
		RME-27,	5,25	RME-27,	5,25
		RME-25,	3,34	RME-25,	3,34
		RMF-34,	7,41	RMF-34,	7,41
		TF-27,	1,62	TF-27,	1,62
		RMF-28,	11,44	RMF-28,	11,44
		T3319-1,	26,37	T3319-1,2	4,72
		RMF-29,	13,08	RMF-29,	13,08
		N301	28,49	N301	8,19
		RMF-35,	17,46	RMF-35,	17,46
		N332	27,80	N332	23,80

Total Km	**378,80**	AP7	36,65
Total km²	**2,43**	A30	23,27
		RM1	16,89
		RM2	3,30
		RM12	20,49
		RM19	26,78
		RM17	3,59
		RM313	8,64
		Golf	4,69
		A37	1,50
		Cº Servicio	778
		Total km	**1.241,99**
		Total km²	**10,53**

La llegada de las aguas del trasvase, relanzó la economía del área de estudio y con ella las necesidades de mejoras en las comunicaciones, se fue construyendo una gran red de caminos de servicios agrícolas que en 1986 aún no estaban definitivamente terminados, aunque sí muy avanzados. Estos caminos de servicio contabilizan un total de 778 km, que añadidos a la ampliación y construcción de una vasta red de autovías y autopistas en el área de estudio, dan como resultado un total de 1.242 km de longitud en el año 2011. Sin tener en cuenta la red municipal, y considerando la anchura de cada tipo de vía (Tabla 4.4), la superficie que ocupan es de 10,53 km^2 (Tabla 4.5). Esta superficie hay que sumarla a la superficie de suelo sellada procedente de las superficies urbanizadas, e invernaderos.

Por municipios, las áreas de Cartagena y Murcia que se incluyen en la comarca, junto con Torre Pacheco son las que más kilómetros de vías poseen. Como es lógico, se trata de los municipios de mayor extensión. Por el contrario, los pequeños municipios de San Pedro del Pinar y Los Alcázares, son los que tienen menores longitudes de vías.

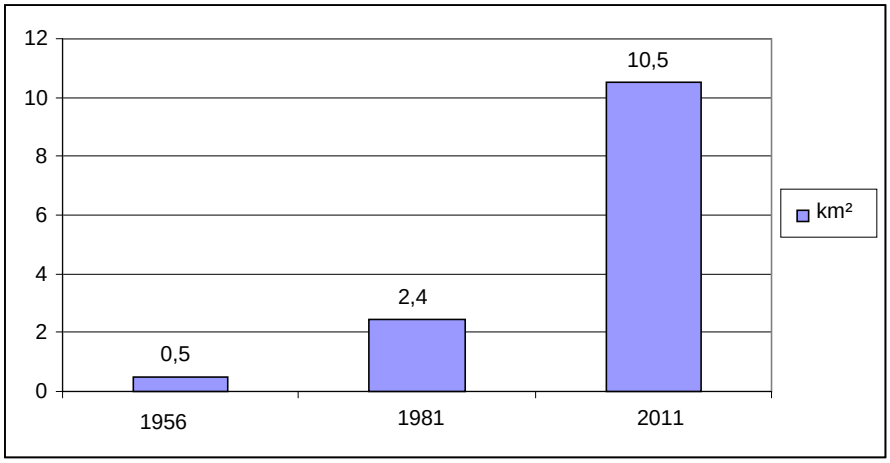


Figura 4.32. Superficie ocupada por infraestructuras viarias en los distintos años de estudio.

Respecto a la densidad media de vías de comunicación en la comarca, se pasa de 0,07 km/km² en 1956 a 0,47 km/ km² en 1981 y 1,55 km por km² en 2011. Si comparamos estos datos con la densidad vial media de España que es de 0,32 km/km^2 (Matellanes Ferreras, 2014), se constata como la densidad alcanzada en la CCCMM es muy alta.

En la Región de Murcia encontramos en primer lugar la Red de Carreteras del Estado, con 521 Km de longitud y en segundo lugar se encuentra la Red de Carreteras cuya titularidad corresponde a la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, de 2.988 km de longitud, sumando un total de 3.509 km de longitud (Consejería de Fomento de la Región de Murcia) (Figura 4.33). Con estos datos, el porcentaje de carreteras correspondiente a las carreteras de la CCCMM con respecto al total regional es del 35,40%, sin contabilizar las correspondientes al viario de los distintos municipios.

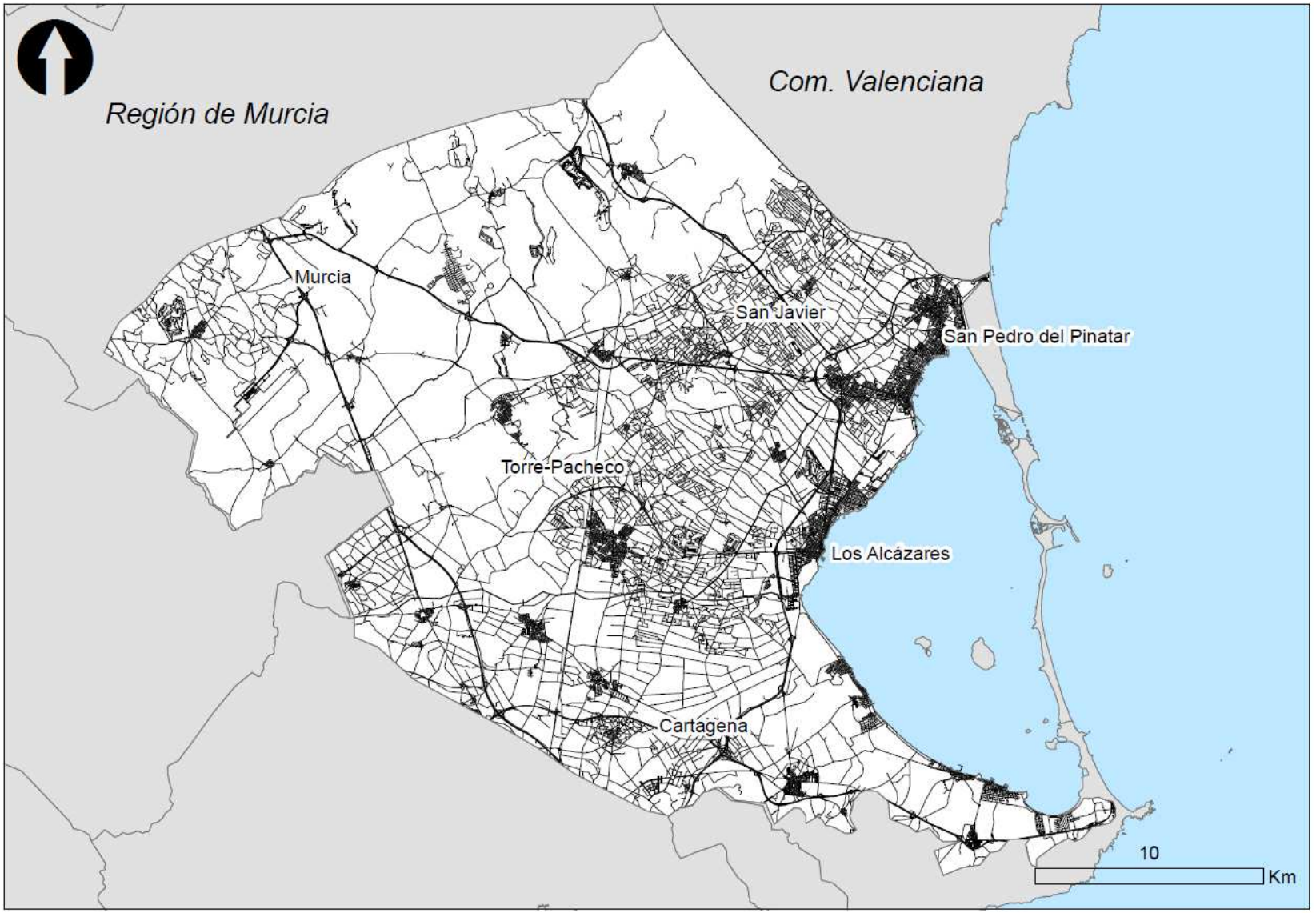


Figura 4.33. Vías de comunicación en la comarca en el año 2011. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Open Street map.

1.5. Sellado de suelo total

Como sellado de suelo total en la CCCMM, se ha considerado la suma de todos los agentes selladores estudiados (urbanizado, resort, invernaderos y red viaria). En la actualidad, en gran parte de la comarca, se ha sustituido la cubierta natural del suelo por otra, que cubre de forma permanente o casi permanente una superficie de terreno con material impermeable artificial (cemento, asfalto, plástico…). Este hecho lleva consigo la impermeabilización artificial del suelo, suprimiendo sus funciones o alterándolas.

1.5.1. Evolución Interanual municipal de sellado de suelos total

En Los Alcázares, tras la digitalización llevada a cabo, se observa de manera numérica (Tabla 4.6 y Figura 4.35) como ha sido la evolución del sellado del suelo en este municipio y su tipología. En 1956 el sellado del suelo prácticamente era sólo por urbanizado, con una muy escasa superficie (0,5 km^2) y representación (2,55% del territorio). En 1981 la superficie urbanizada se incrementa hasta el 8,73% y aparecen los primeros invernaderos de manera testimonial (0,1%). En 2011 el aumento de la superficie urbanizada es espectacular con un 6,74 km^2, a la que hay que añadir más de 1 km^2 correspondiente a la superficie ocupada por resort, con una representación municipal del 39,2%. La superficie ocupada por invernaderos se incrementa ligeramente (1%), pero en este municipio no hay mucha presencia de ellos. En la figura 4.34 (a, b, c) es posible observar espacialmente la evolución interanual del sellado total en este municipio.

En el área de la comarca correspondiente al municipio de Cartagena se produce un incremento significativo de suelo urbanizado de 1956 a 2011 (Tabla 4.6 y Figura 4.37), pasando de 2,75 km^2 en 1956, a 7,11 km^2 en 1981 y 16,46 km^2 en 2011. La superficie correspondiente a resort (inexistente en 1956) es la misma en 1981 y 2011; por el contrario, los invernaderos con una superficie de 0,23 km^2 en 1981 se incrementa a 2,44 km^2 en 2011. El sellado de suelo pues en esta área se debe casi exclusivamente al sellado por urbanizado, en especial por la ampliación de los antiguos cascos urbanos. Aunque el municipio dentro del área de estudio, solo tiene un campo de golf, la superficie de este, supera a la superficie sellada por invernaderos. En la figura 4.36 (a, b, c) se observa espacialmente la evolución interanual del sellado total en el municipio.

En cuanto al área correspondiente al municipio de Murcia, dentro del área de estudio, se observa como en este caso en el sellado del suelo interviene de manera muy significativa la construcción de resort y la ampliación en superficie de las antiguas poblaciones, siendo de destacar el incremento de la superficie construida, aunque en muchos casos este

incremento no se corresponde con un aumento de población. De una superficie urbanizada de 1,33 km^2 en 1956 se pasa a 2,30 km^2 en 1981 y a 10,27 km^2 en 2011. Pero son de mencionar los 12,34 km^2 que en 2011 corresponden a los resort (4,18% del total superficial). Los invernaderos, aunque suponen el tercer puesto en las causas de sellado de suelo (Tabla 4.6 y Figura 4.39), no llegan a ser muy significativos en el conjunto del municipio. En la figura 4.38 (a, b, c) es posible observar espacialmente la evolución interanual del sellado total.

En el Municipio de San Javier, el sellado por urbanizado en 1956 es el único tipo de sellado (si no se considera la escasa red viaria en estas fecha), con tan sólo 1,77 km^2. La superficie urbanizada se duplica en 1981 y se septuplica en 2011 (11,49 km^2), a la que hay que unir los mas de 1 km^2 que corresponden a resort. En este municipio es de destacar la amplia superficie por la que se extienden los invernaderos, pasando de ocupar el 3,2% en 1981 a más del 13,34% en 2011 (Figura 4.41). En cuanto a los resorts, estos se limitan tan sólo a uno, localizado en la población de La Roda. En las imágenes espaciales de este municipio se observa como la evolución del sellado se ha producido por urbanización en toda la ribera del Mar Menor y en los núcleos de población antiguos, mientras que los invernaderos se sitúan ampliamente en la zona norte del municipio Figura 4.40 (a,b,c). Es de mencionar también que en este municipio se ubica el aeropuerto internacional de Murcia San Javier, con dos pistas paralelas de aterrizaje; la segunda, de reciente construcción, por lo que tan sólo aparece en la imagen de 2011 (Figura 4.40c).

San Pedro del Pinatar, el segundo municipio más pequeño en extensión después de Los Alcázares, tiene en 1956 un suelo urbanizado similar a este, tan sólo 0,51 km^2. En 1981 el incremento es superior a aquel, cifrándose en 2,37 km^2; no obstante en 2011 la superficie también es similar (6 km^2). Este municipio no posee sellado de suelo por resorts, y respecto al sellado por invernaderos, supone en 2011 el 9% del territorio respecto al 3,7% que tenía en 1981 (Figura 4.43). Comentar que dentro del área de San Pedro del Pinatar no se ha tenido en cuenta, la extensión del Parque Regional de Arenales y Salinas de San Pedro. En las figuras 4.42 (a, b, c) se aprecia la evolución del municipio en los distintos tipos de sellado considerados.

Por último, en el municipio de Torre Pacheco, municipio de interior, pues ni tiene acceso a la s riberas del Mar Menor, su suelo ha sido sellado mayoritariamente por urbanizado con 15 Km^2 en 2011, respecto a 4 Km^2 en 1981 y 1,4 Km^2 en 1957. Los invernaderos representan en 1981 el 0,7% de la superficie total, frente al 5,7% en 2011, asentandose

mayoritariamente en la zona norte del municipio, el casco urbano del mmunicipio yambien ha sufrido una importnte evolución, aasí como su apuesta por el turismo de golf, asociado a los resort lo que se traduce también en un sellado importante de seulo y tierras agrícolas, como se puede observar en la Figura 4.44 (a,b,c). Inexistentes en 1981, en la actualidad existen tres campos de golf/resort, y suponen el 2,3% en 2011 (Figura 4.45).

Tabla 4.6. Sellado total de suelo por años y municipios (Km² y %).Fuente: Elaboración propia

Extensión (Km²)	**Municipios**		**19.8**	**198.5**	**295.2**	**75.1**	**22.3**	**189.4**	**800.3**
			Los Alcázares	Cartagena	Murcia	San Javier	San Pedro Pinatar	Torre Pacheco	total
1956	**Urbanizado**	km²	0.50	2.75	1.33	1.77	0.51	1.38	**8.24**
		%	2.55	1.38	0.45	2.35	2.28	0.72	1.02
	Resort	km²	0	0	0	0	0	0	0
		%	0	0	0	0	0	0	0
	Invernaderos	km²	0	0	0	0	0	0	0
		%	0	0	0	0	0	0	0
	Red viaria	km²	-	-	-	-	-	-	**0,47**
		%	-	-	-	-	-	-	0,05
	Total	km²	0.50	2.75	1.33	1.77	0.51	1.38	**8.24**
		%	2.55	1.38	0.45	2.35	2.28	0.72	*1.02*
1981	**Urbanizado**	km²	1.71	7.11	2.30	4.17	2.37	4.04	**21.7**
		%	8.73	3.60	0.78	5.55	10.72	2.11	2.71
	Resort	km²	0	3.77	0	0	0	0	**3.77**
		%	0	1.90	0	0	0	0	0.47
	Invernaderos	km²	0.02	0.23	0.56	2.41	0.82	1.28	**5.32**
		%	0.10	0.11	0.19	3.20	3.67	0.67	0.66
	Red viaria	km²	-	-	-	-	-	-	**2,43**
		%	-	-	-	-	-	-	0,30
	Total	km²	1.73	7.34	2.86	6.58	3.19	5.32	**30.79**
		%	8.73	5.53	0.96	8.76	14.30	2.80	*3.84*
2011	**Urbanizado**	km²	6.74	16.46	10.27	11.49	6.00	14.97	**65.93**
		%	34.04	8.30	3.47	15.29	26.90	7.90	8.24
	Resort	km²	1.02	3.77	12.34	1.06	0	4.36	**22.55**
		%	5.15	1.90	4.18	1.41	0	2.30	2.82
	Invernaderos	km²	0.20	2.44	3.72	10.02	2.00	10.87	**29.25**
		%	1	1.22	1.26	13.34	8.96	5.73	3.65
	Red viaria	km²	-	-	-	-	-	-	**10,53**
		%	-	-	-	-	-	-	1,31
	Total	km²	7.96	22.67	26.33	22.57	8.00	30.2	**128,26**
		%	40.20	11.42	8.91	30.53	35.87	15.94	*16,03*

De los datos anteriores y a través de una serie de cálculos, se han generado índices que recogidos en tablas nos muestran, dando una mejor idea, del fenómeno de sellado antrópico de lo suelos en el área de estudio. Estos datos han dado lugar a la obtención de la evolución del incremento del sellado de suelos en los distintos municipios, Tabla (4.7), el incremento del sellado en relación al incremento porcentual de la población tabla(4.8) y la obtención del índice de sellado per capita, en los años con datos de población, Figura (4.9)

Incremento de sellado en porcentaje, se calcula dividiendo el valor final entre el valor inicial multiplicado por 100 y restado 100. La fórmula
Vf/Vix100-100, donde, Vf=Valor final. Vi=Valor inicial.

Tabla 4.7. Incremento del crecimiento en % del sellado total por municipios y área de estudio
Fuente: Elaboración propia

Tramo	**(A)1956/1981 %**	**(B)1981/2011 %**	**(C)1956/2011 %**
Los Alcázares	246	360	1492
Cartagena	166	208	724
Murcia	115	820	1879
San Javier	271	243	1175
San Pedro	525	150	1468
Torre Pacheco	285	467	2088
Área de Estudio	273	316	1456

Si bien los la tabla de datos anterior nos da una imagen del sellado por municipios y total tanto en porcentajes como en extensión en Km^2, pudiéndonos hacer una imagen de cual ha sido el proceso se sellado en el comarca y en los municipios, en la tabla 4.7 es posible cuantificar, el peso real del porcentaje de crecimiento en periodos de 30 años (A) y (B), y en el periodo total de 60 años (C).

En el primer periodo (A), casi todos los municipios parecen evolucionar de una manera similar, destacando el alto porcentaje de crecimiento obtenido por San Pedro del Pinatar y el relativamente bajo (en comparación con los otros municipios) del área correspondiente a Murcia y a Cartagena, que presentan valores por debajo del 200 %, por el contrario en el periodo (B) El de menor evolución en el periodo (A), correspondiente al área de Murcia se dispara con un porcentaje del 820% en la evolución de superficie sellada, mientras que el municipio de mayor crecimiento en el primer periodo, frena su evolución obteniendo un porcentaje de crecimiento por debajo del 200%, aunque la tónica general es que los datos de crecimiento del periodo (B) superan a los del periodo (A).

Donde verdaderamente se puede hacer una idea de la evolución del porcentaje de terreno sellado es en el tramo (C) que abarca los casi 60 años del estudio, con datos verdaderamente espectaculares en los municipios de Torre Pacheco y Murcia.

En la tabla 4.8. se muestra la comparación del proceso de sellado con el proceso poblacional ocurrido en el área de estudio. Se puede observar como la evolución es positiva y elevada para todos los casos aunque algunos datos llaman la atención como el incremento de sellado en el área correspondiente al municipio de Murcia y su evolución poblacional cuyo incremento es prácticamente nulo, mientras que el resto de municipios mantiene un incremento de sellado elevado. El caso de Los Alcázares también es destacado, tiene un aumento poblacional muy elevado, superando al crecimiento por sellado, en el periodo 1981/2011, cosa que no ocurre en el resto de municipios.

Tabla 4.8. Incrementos de sellado 1981/2011 en relación a incrementos poblacionales en el mismo periodo, por municipios y área de estudio

Municipio	**Sellado Incremento 1981/2011 (%)**	**Población Incremento 1981/2012 (%)**	**Sellado Incremento 1956/2011 (%)**
Los Alcázares	360	617,8	1492
Cartagena	208	80,39	724
Murcia	820	2	1879
San Javier	243	161,12	1175
San Pedro	150	171	1468
Torre Pacheco	467	113,3	2088
Área de Estudio	316	127,78	1456

Por último, el índice de sellado per capita, en los distintos municipios que se calcula como la superficie construida en un municipio en un determinado momento en m², dividido por el número de habitantes de ese municipio según el censo más cercano en el tiempo a ese año.

Tabla (4.9) Indice de sellado per capita en la comarca
*(Incluidos urbanizado,resorts y carreteras)

Año	**Población**	**Urbanizado m² ***	**Índice Sellado m²/hab**	**Invernaderos m²**	**Índice de sellado m²/hab**	**Total m²/hab**
1981	65340	27.900.000	426,99	5.320.000	81,42	471
2011	148836	99.010.000	665,22	29.250.000	196,52	860

De estos datos se desprende que de la superficie sellada en 1981, y distribuida por habitante, correspondería a cada habitante un total de casi 427 metros cuadrados de superficie urbanizada y 81,42 metros cuadrados de invernaderos.

En el año 2011 estas cifras se elevan notablemente, pasando a 665 m^2 por habitante de superficie urbanizada y 196 m^2 de invernaderos por habitante.

En el cómputo total, el área de estudio arroja unos datos totales en 1981 de 471 m² de superficie sellada por habitante, situándose en 2011 a casi el doble, 860 m² por habitante.

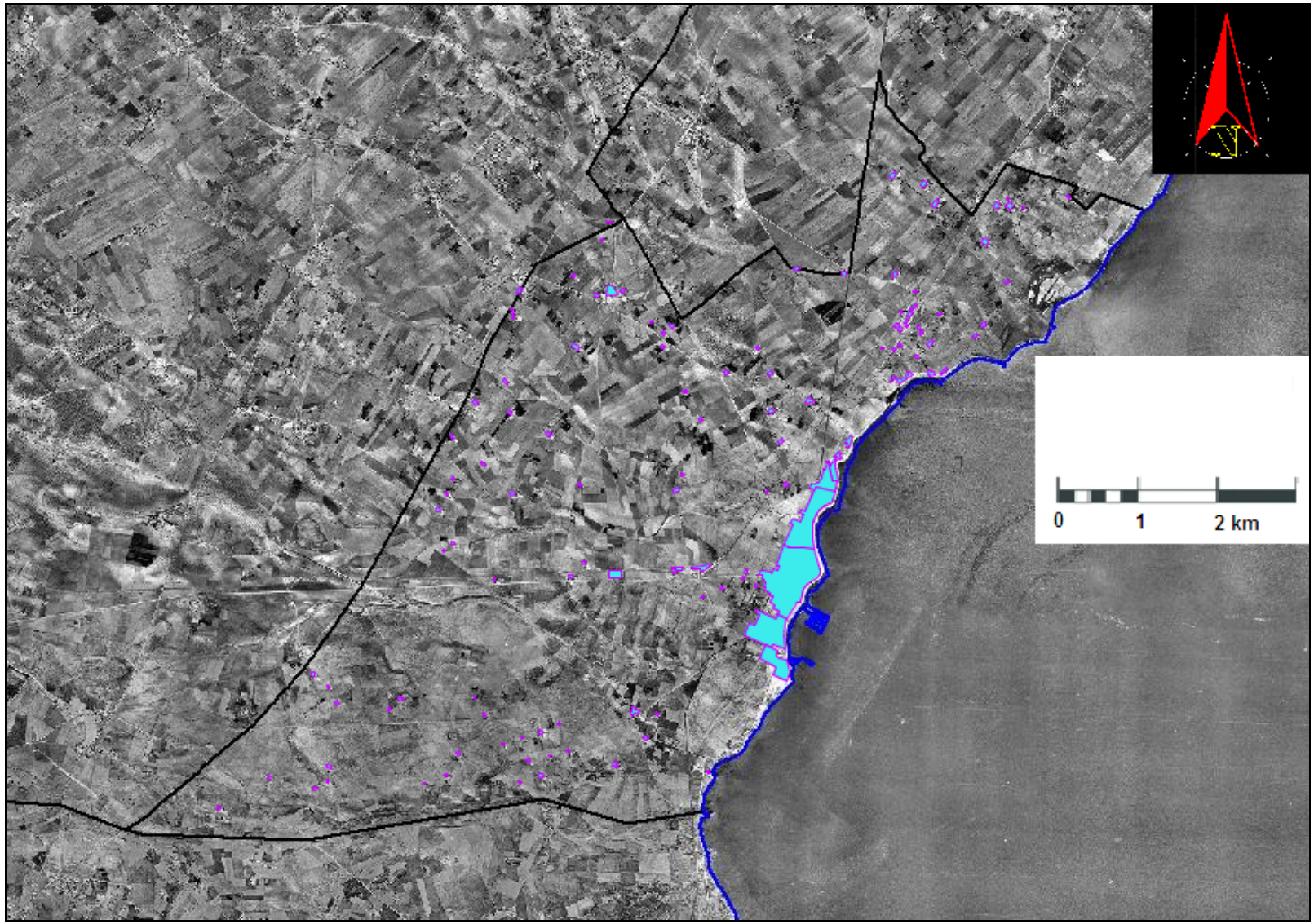


Figura 4.34a. Sellado total de suelo en Los Alcázares. Año 1956. Fuente: elaboración propia.

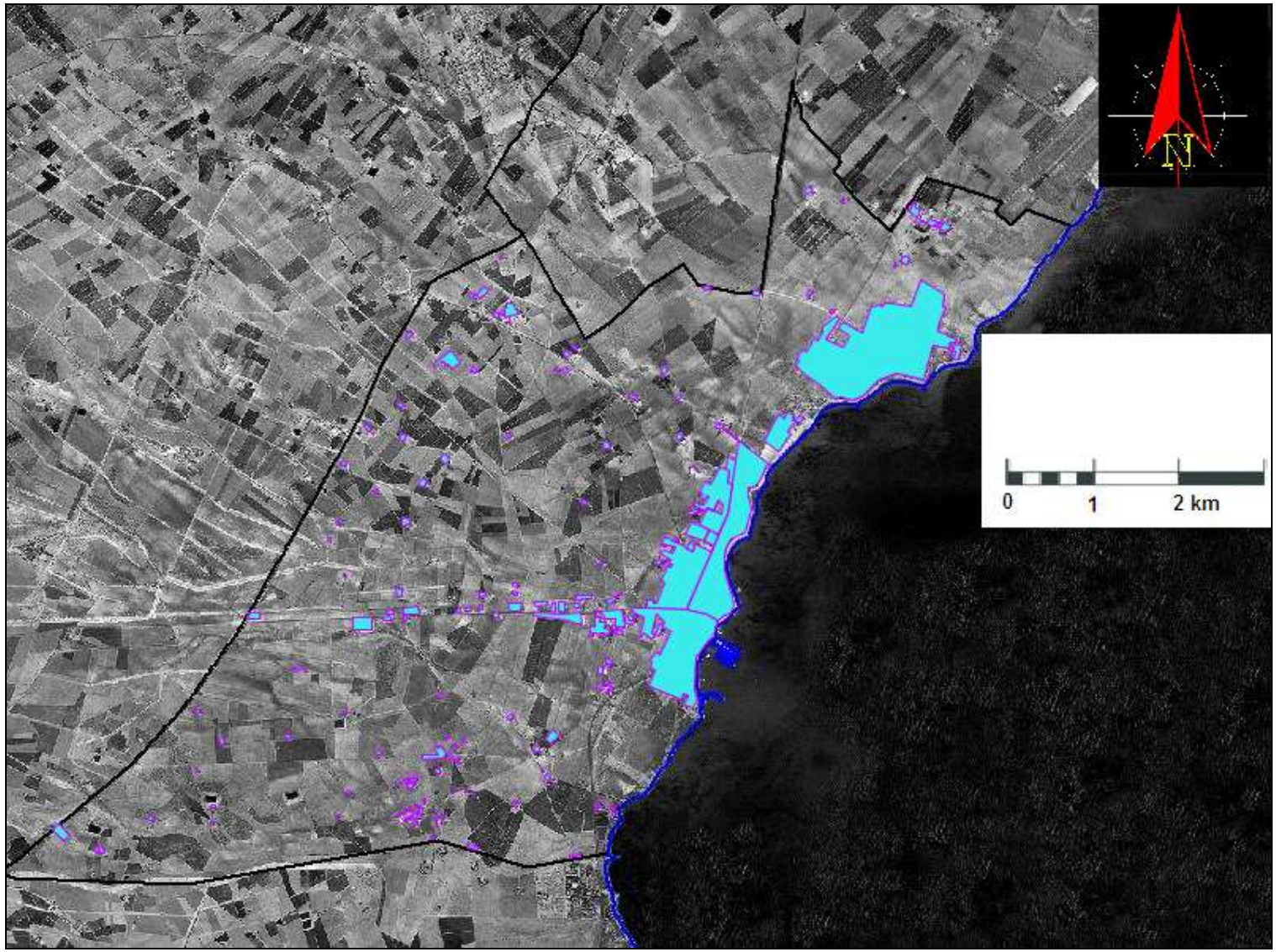


Figura 4.34b. Sellado total de suelo en Los Alcázares. Año 1981. Fuente: elaboración propia.

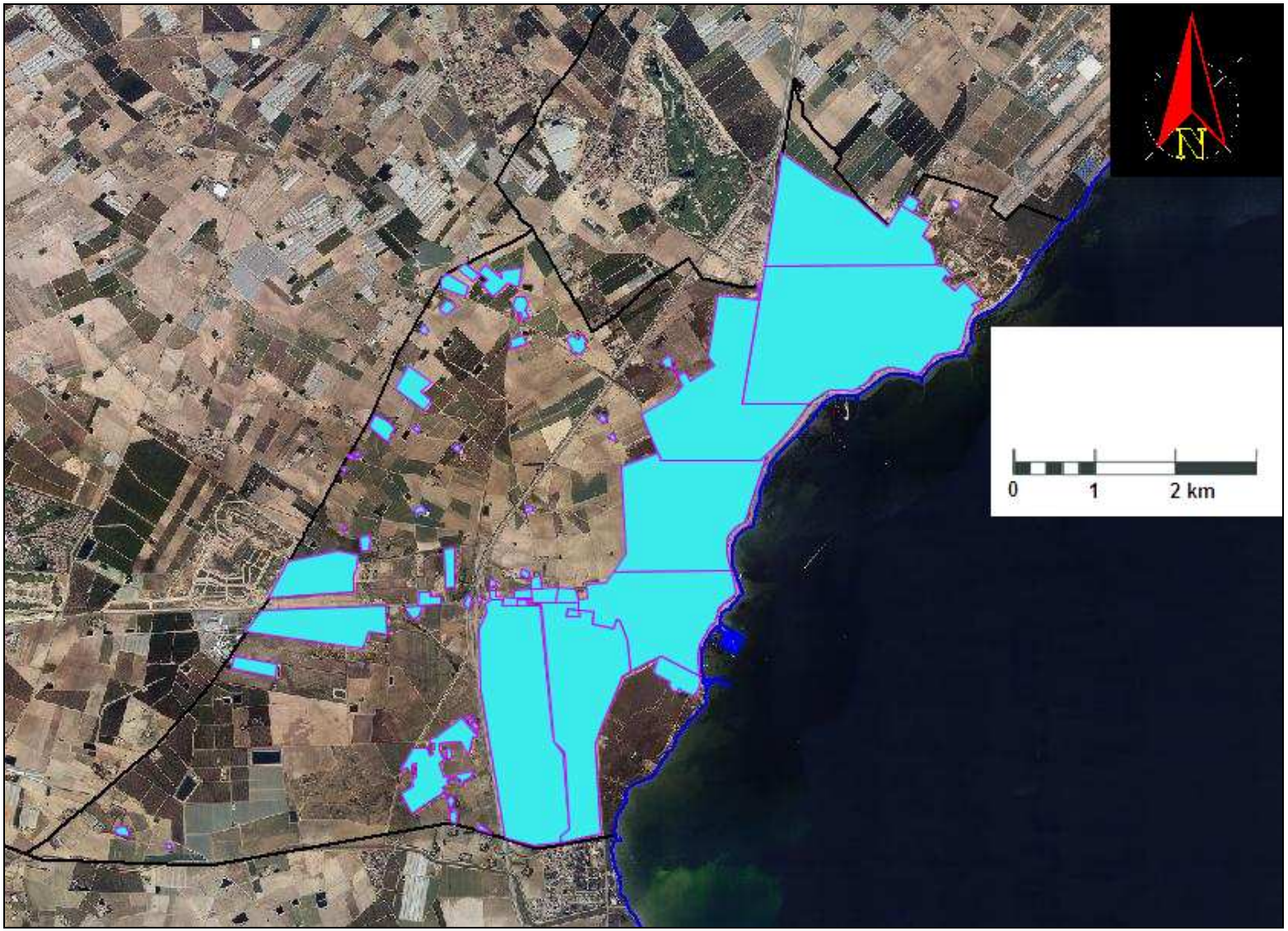


Figura 4.34c. Sellado total de suelo en Los Alcázares. Año 2011. Fuente: elaboración propia.

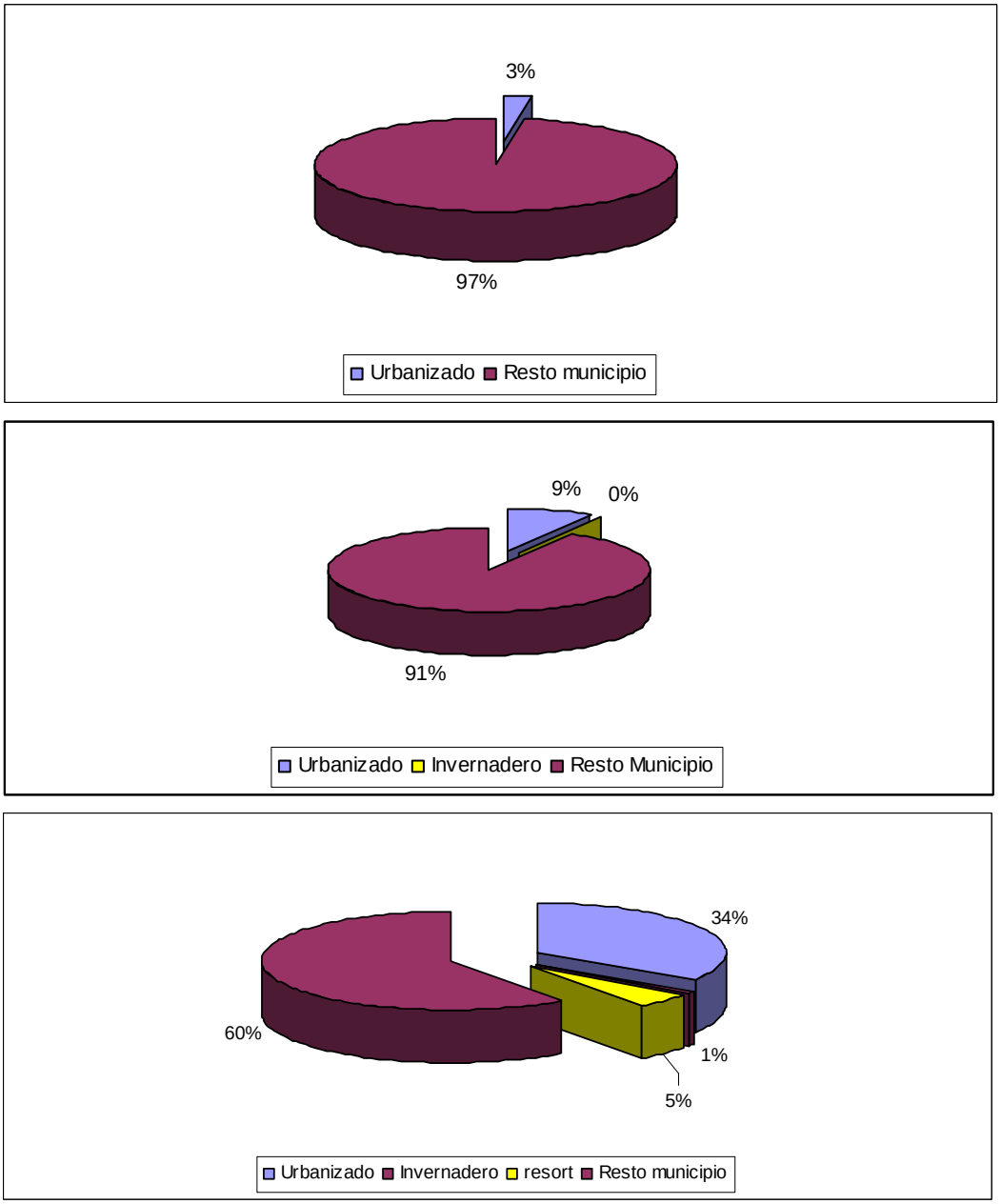


Figura 4.35. Evolución Interanual del sellado total de suelo en % de Los Alcázares Imagen superior 1956, media1981; inferior 2011. Fuente: elaboración propia.

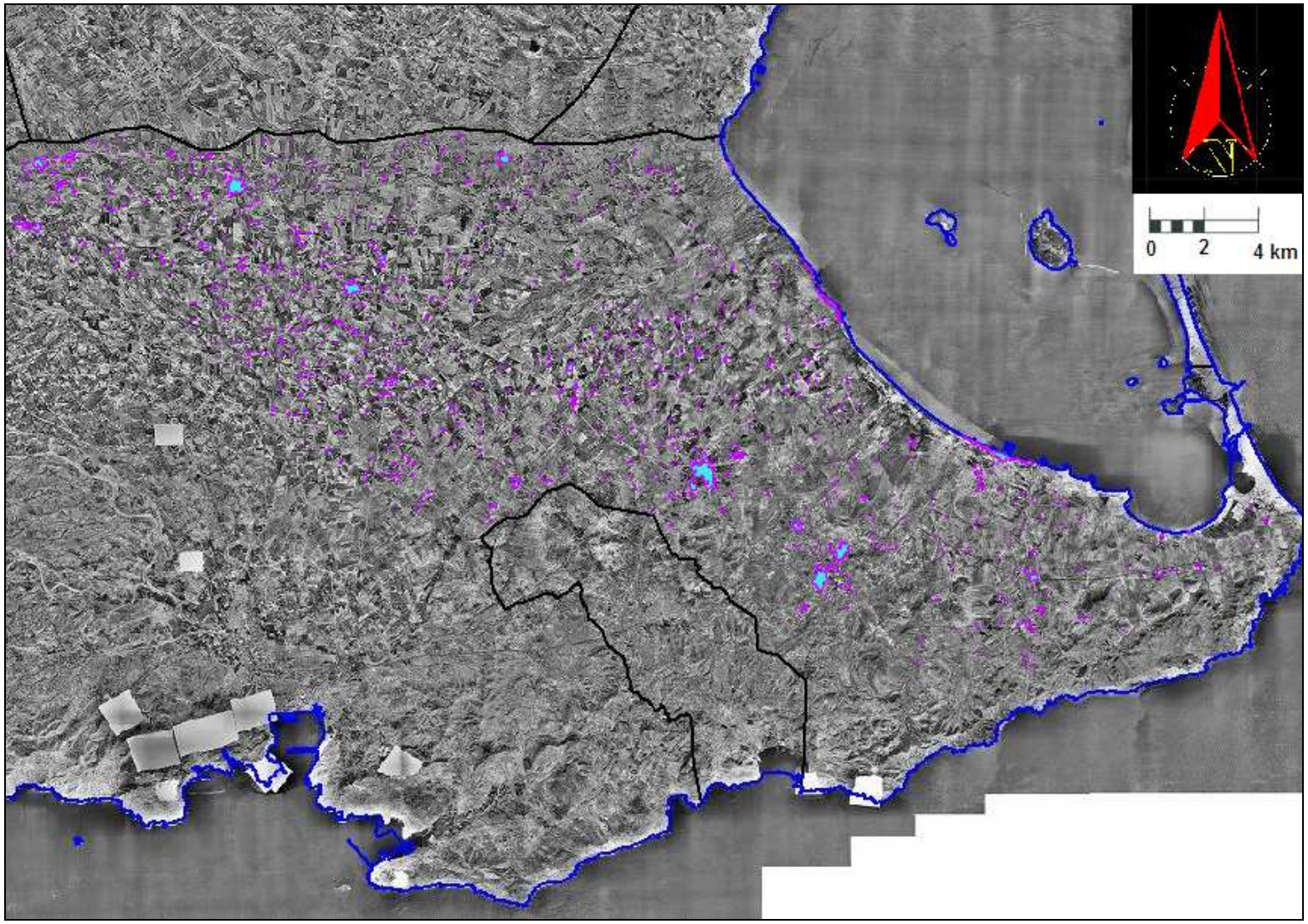


Figura 4.36a. Sellado total de suelo en Cartagena. Año 1956. Fuente: elaboración propia.

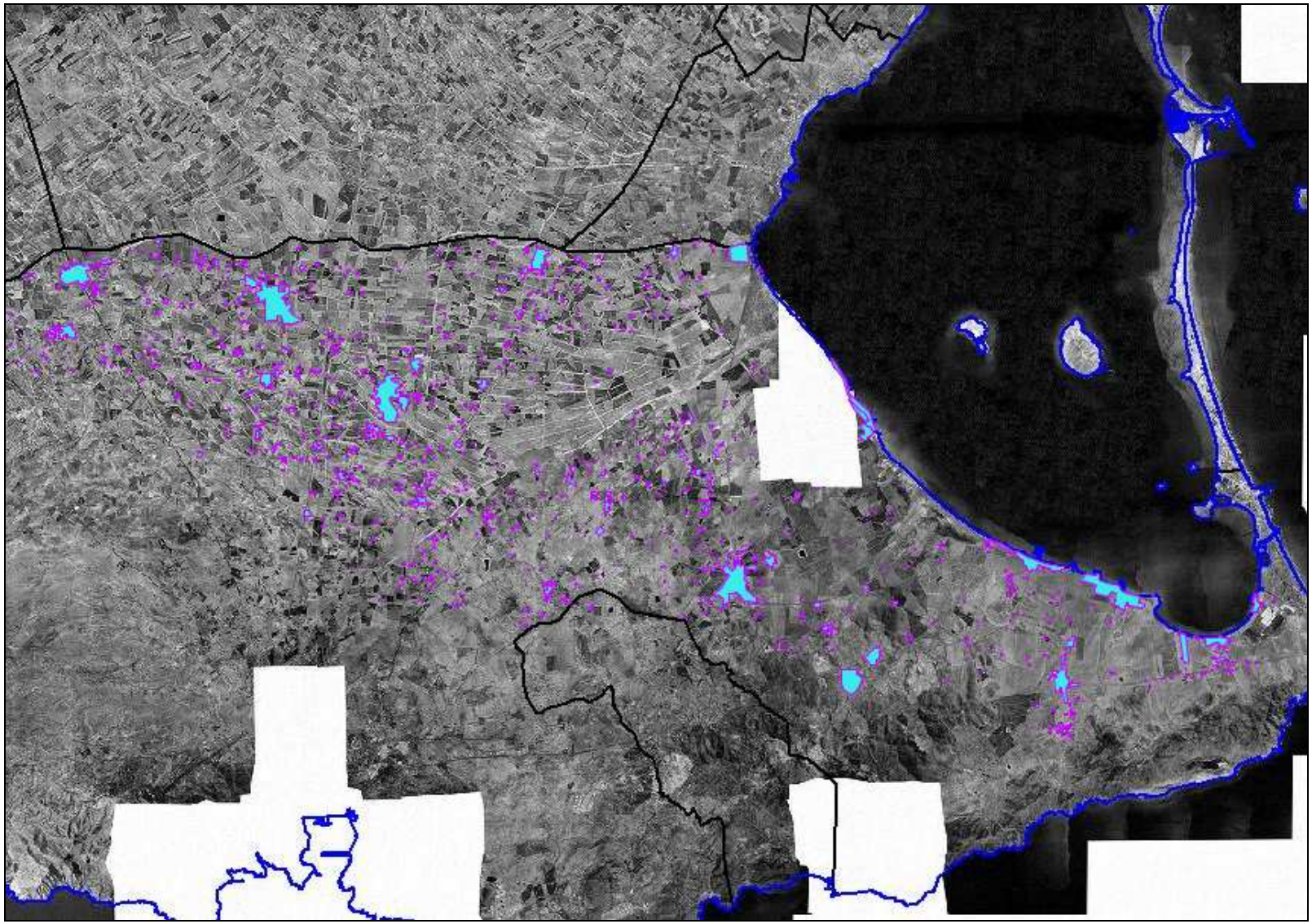


Figura 4.36b. Sellado total de suelo en Cartagena. Año 1981. Fuente: elaboración propia.

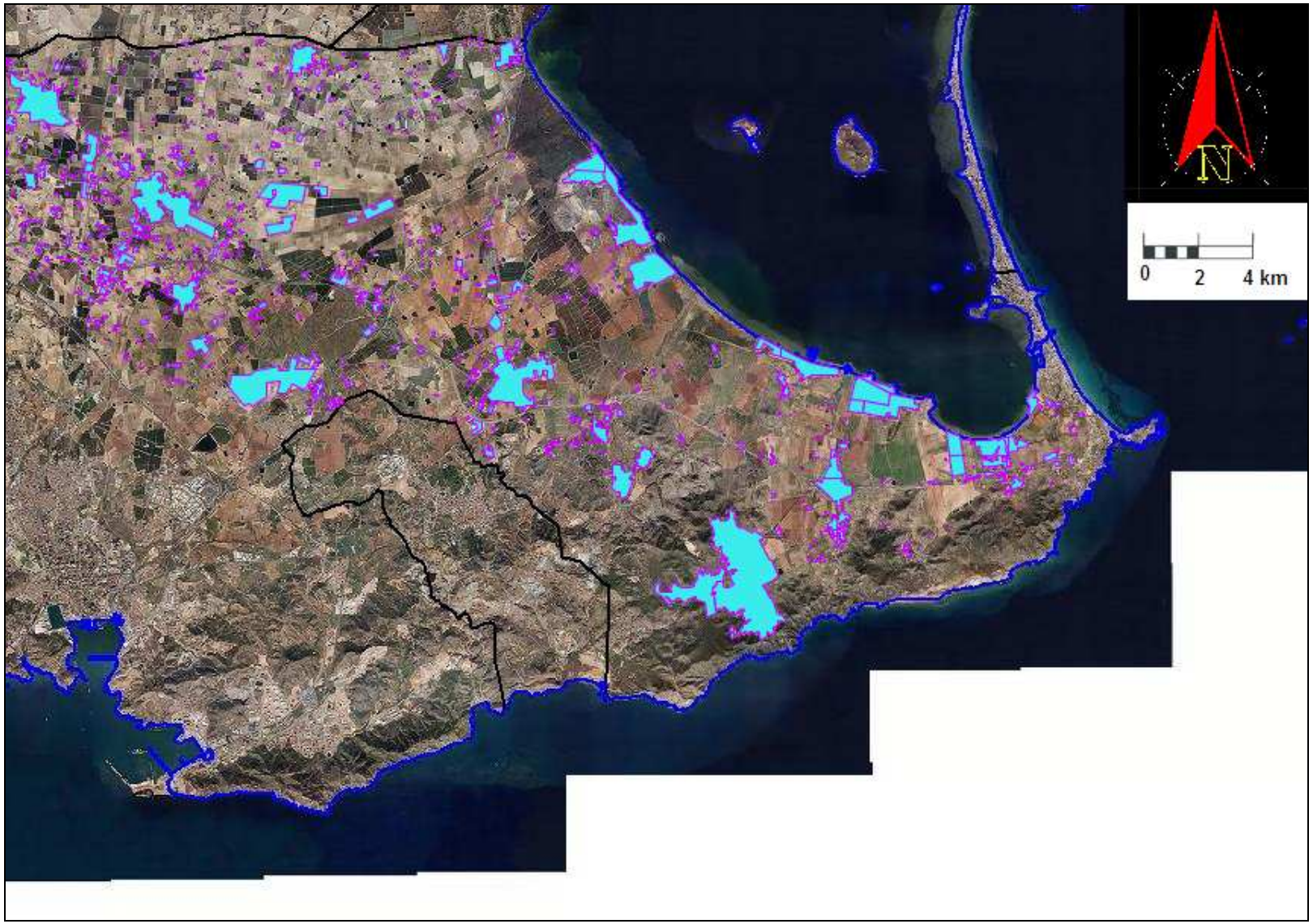


Figura 4.36c. Sellado total de suelo en Cartagena. Año 2011. Fuente: elaboración propia.

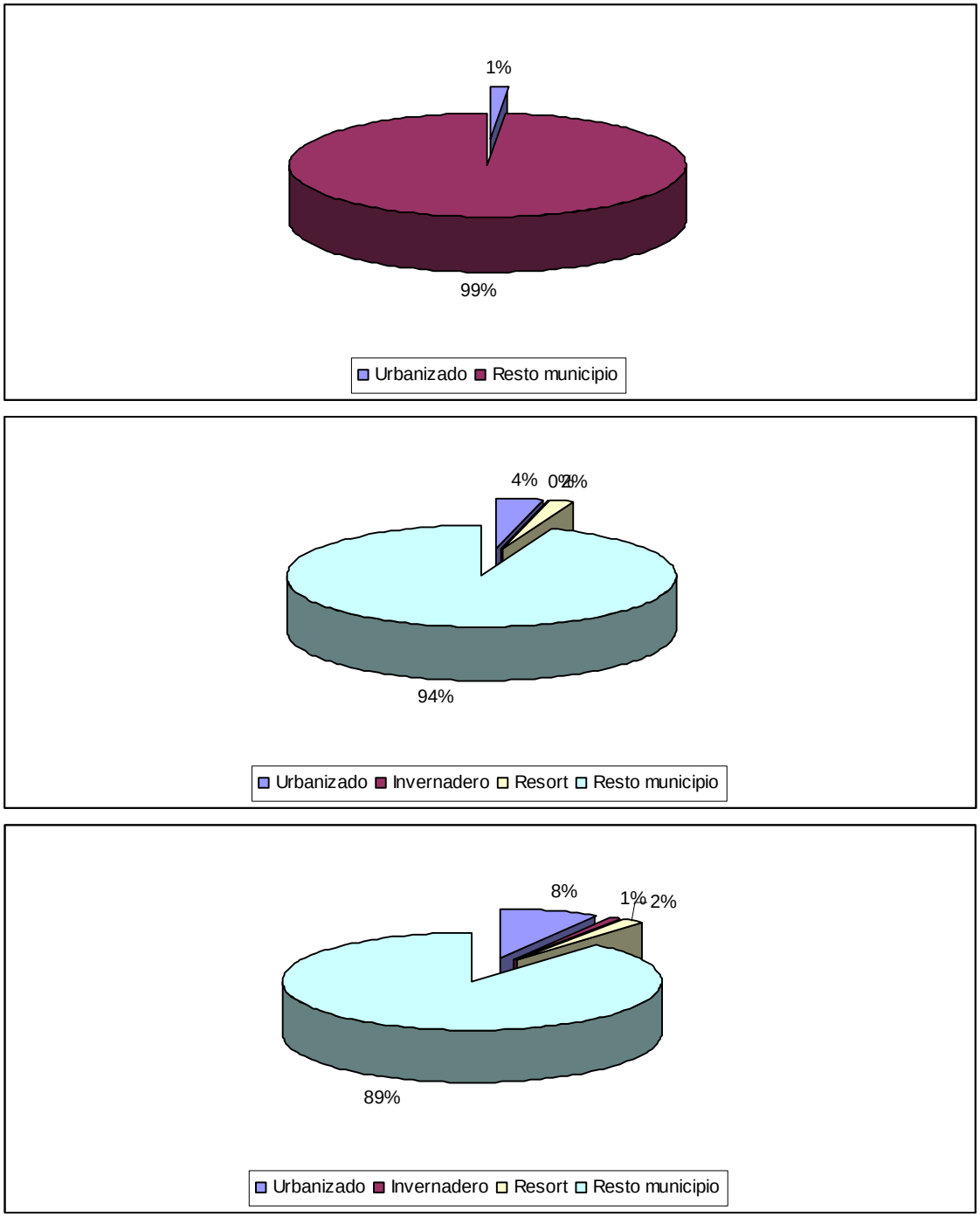


Figura 4.37. Evolución Interanual del sellado total de suelo en % de Cartagena. Imagen superior 1956, media1981; inferior 2011. Fuente: elaboración propia.

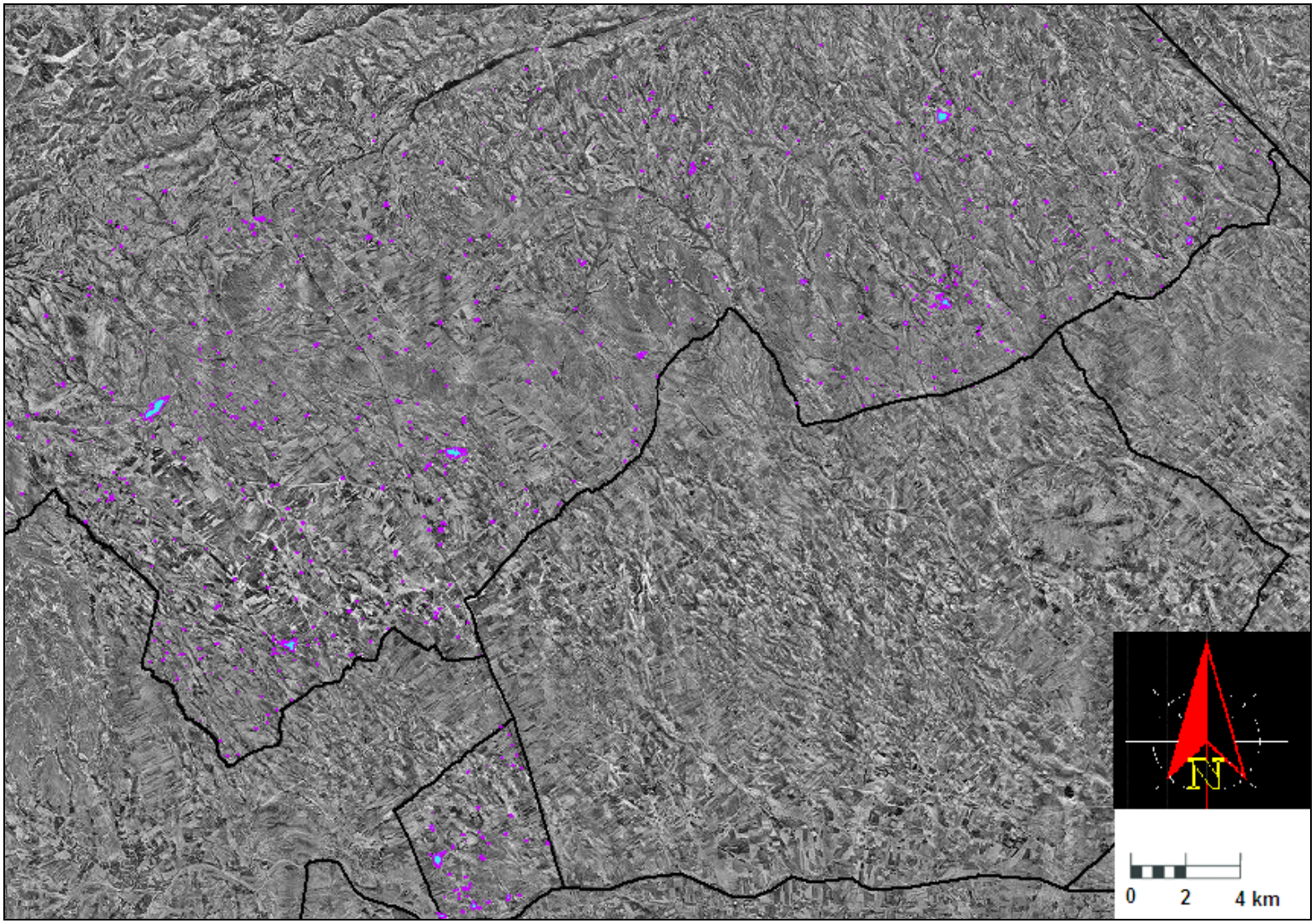


Figura 4.38a. Sellado total de suelo en Murcia. Año 1956. Fuente: elaboración propia.

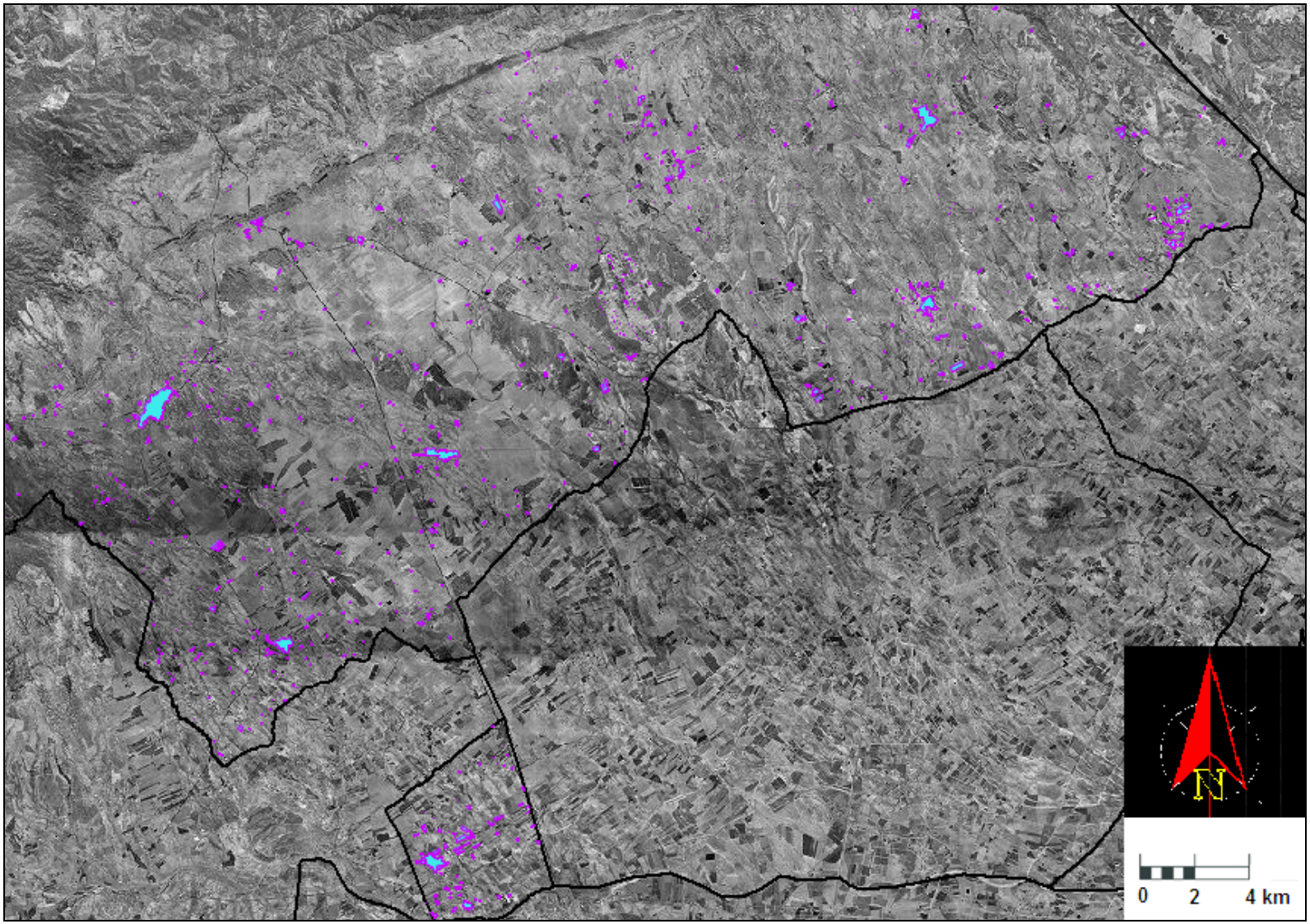


Figura 4.38b. Sellado total de suelo en Murcia. Año 1981. Fuente: elaboración propia.

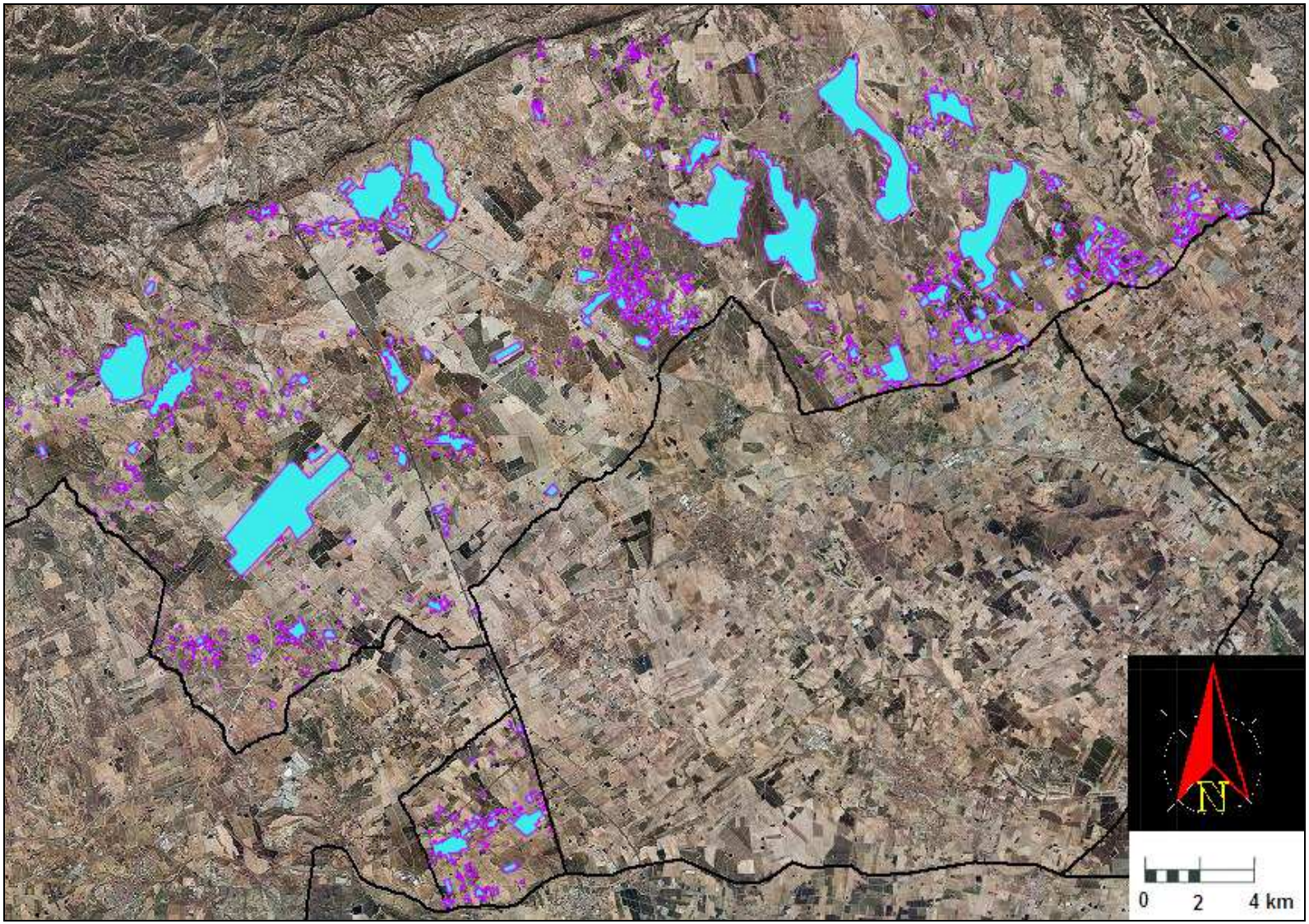


Figura 4.38c. Sellado total de suelo en Murcia. Año 2011. Fuente: elaboración propia.

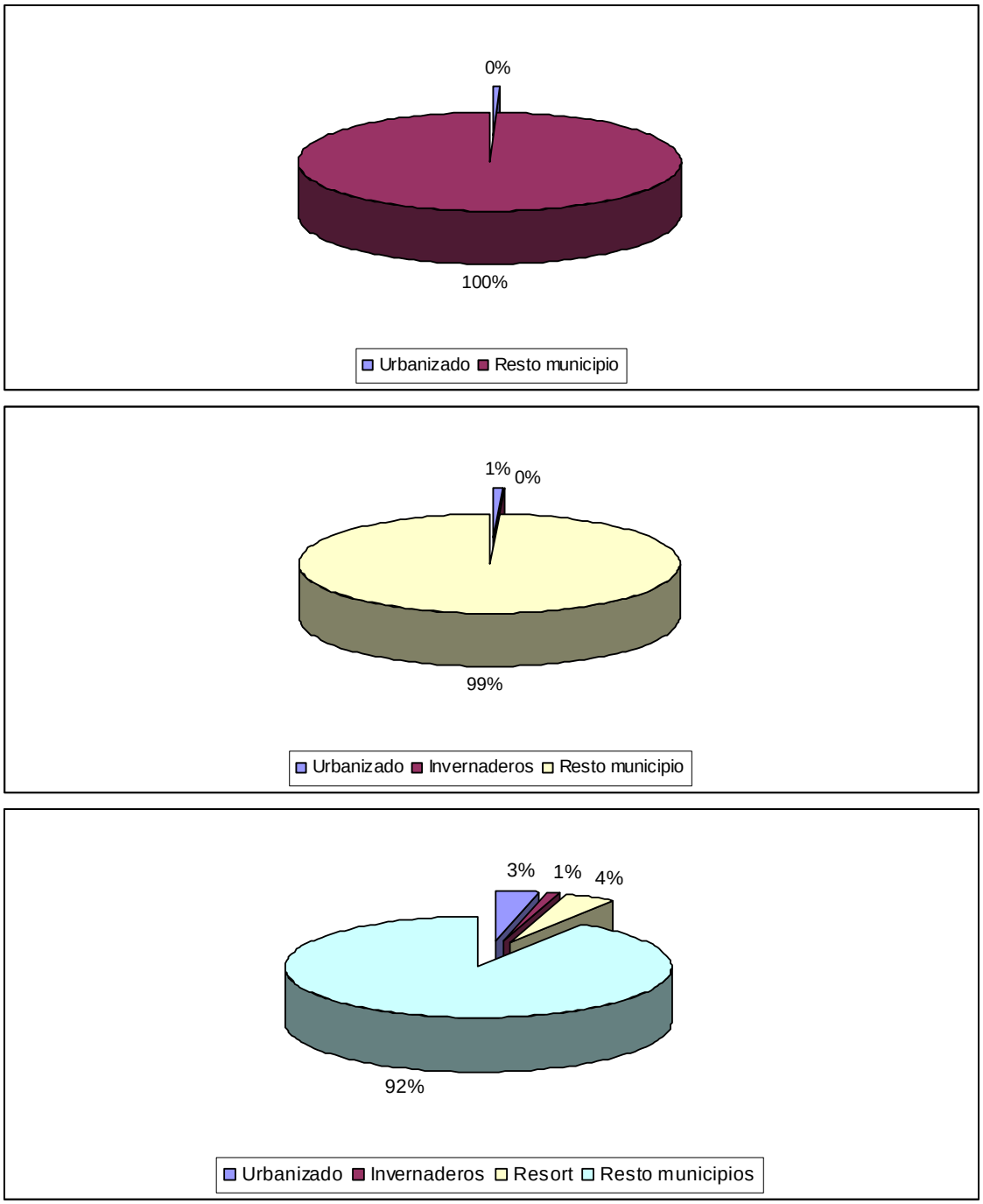


Figura 4.39. Evolución Interanual del sellado total de suelo en % de Murcia. Imagen superior 1956, media1981; inferior 2011. Fuente: elaboración propia.

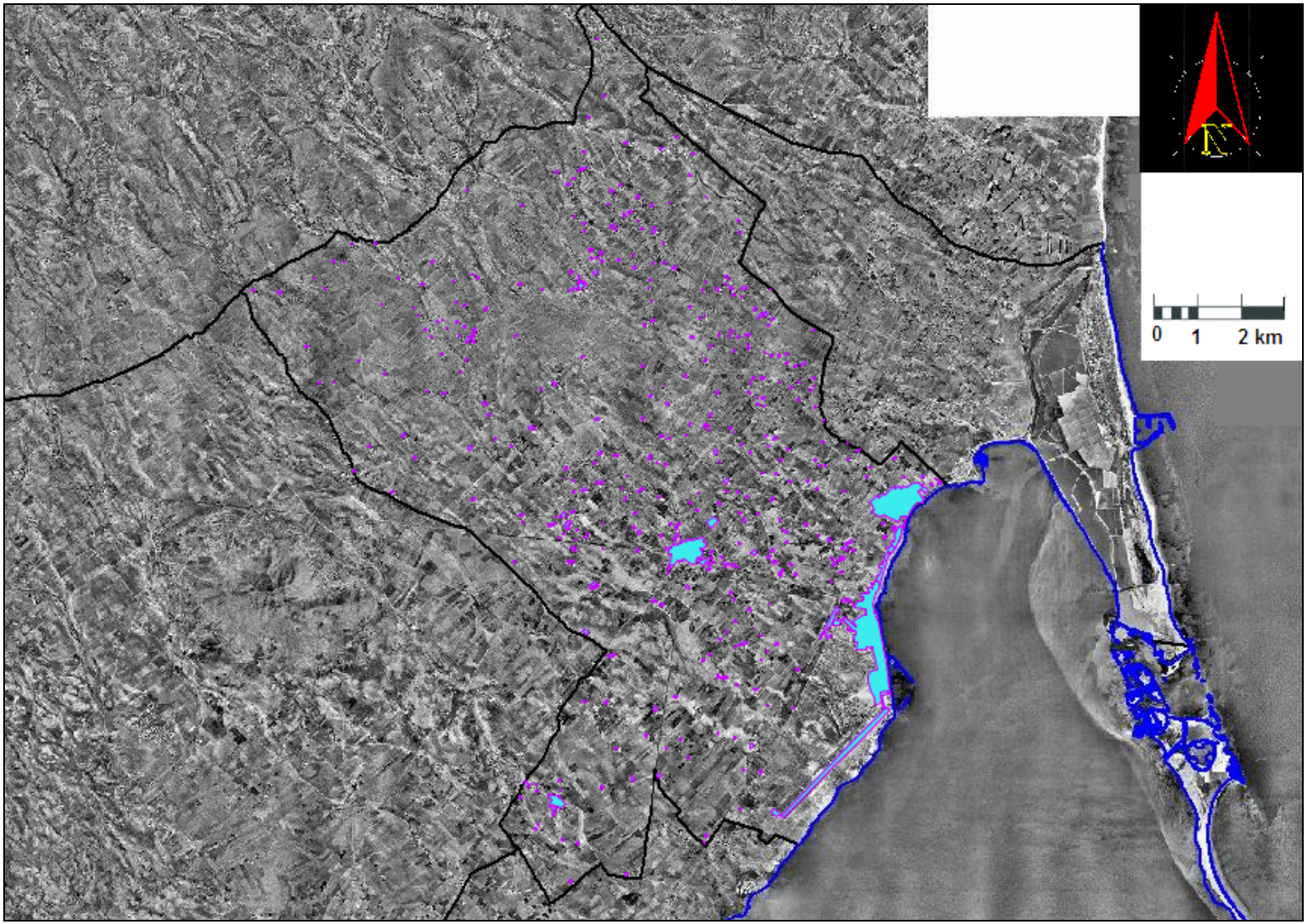


Figura 4.40a. Sellado total de suelo en San Javier. Año 1956. Fuente: elaboración propia.

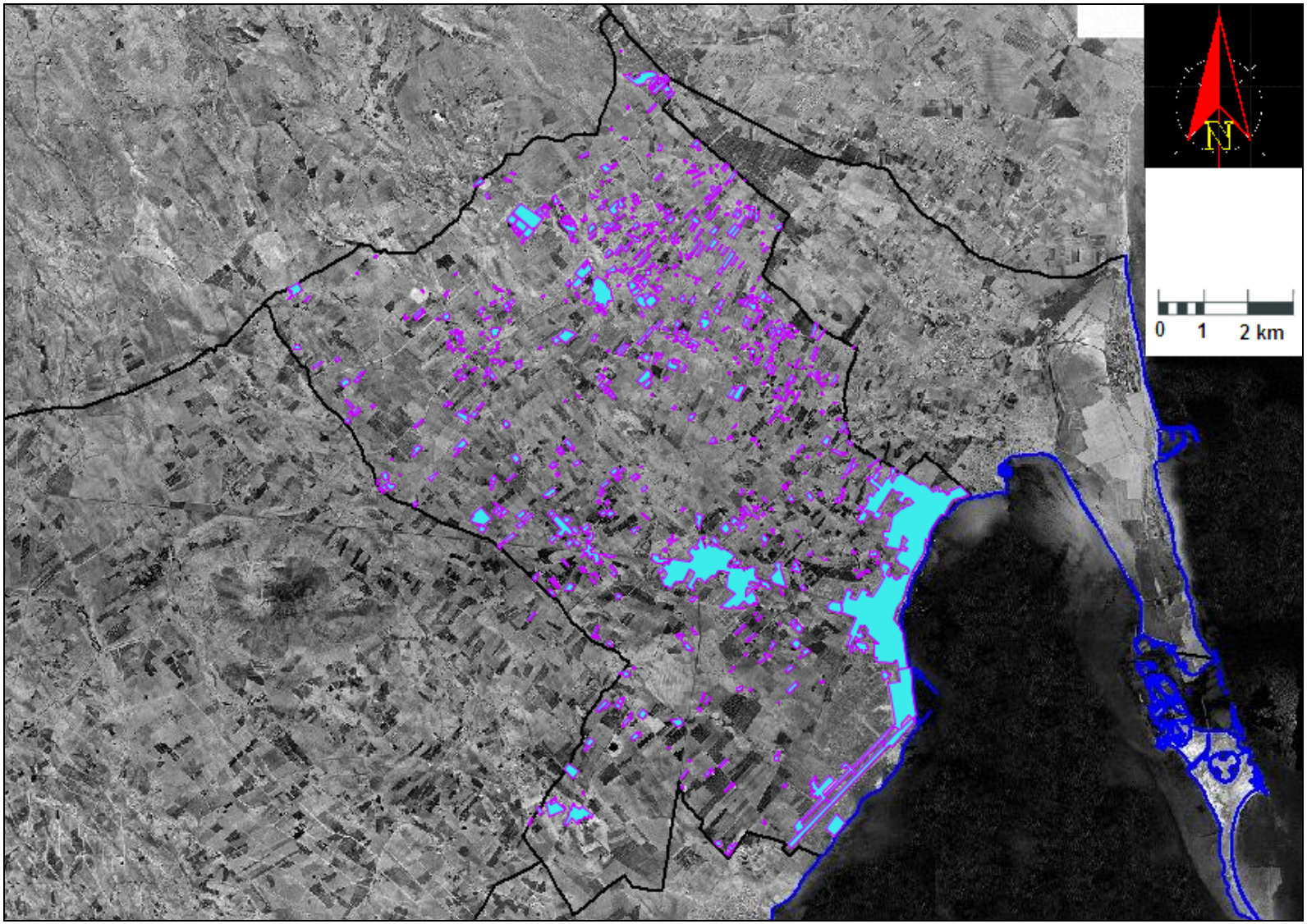


Figura 4.40b. Sellado total de suelo en San Javier. Año 1981. Fuente: elaboración propia.

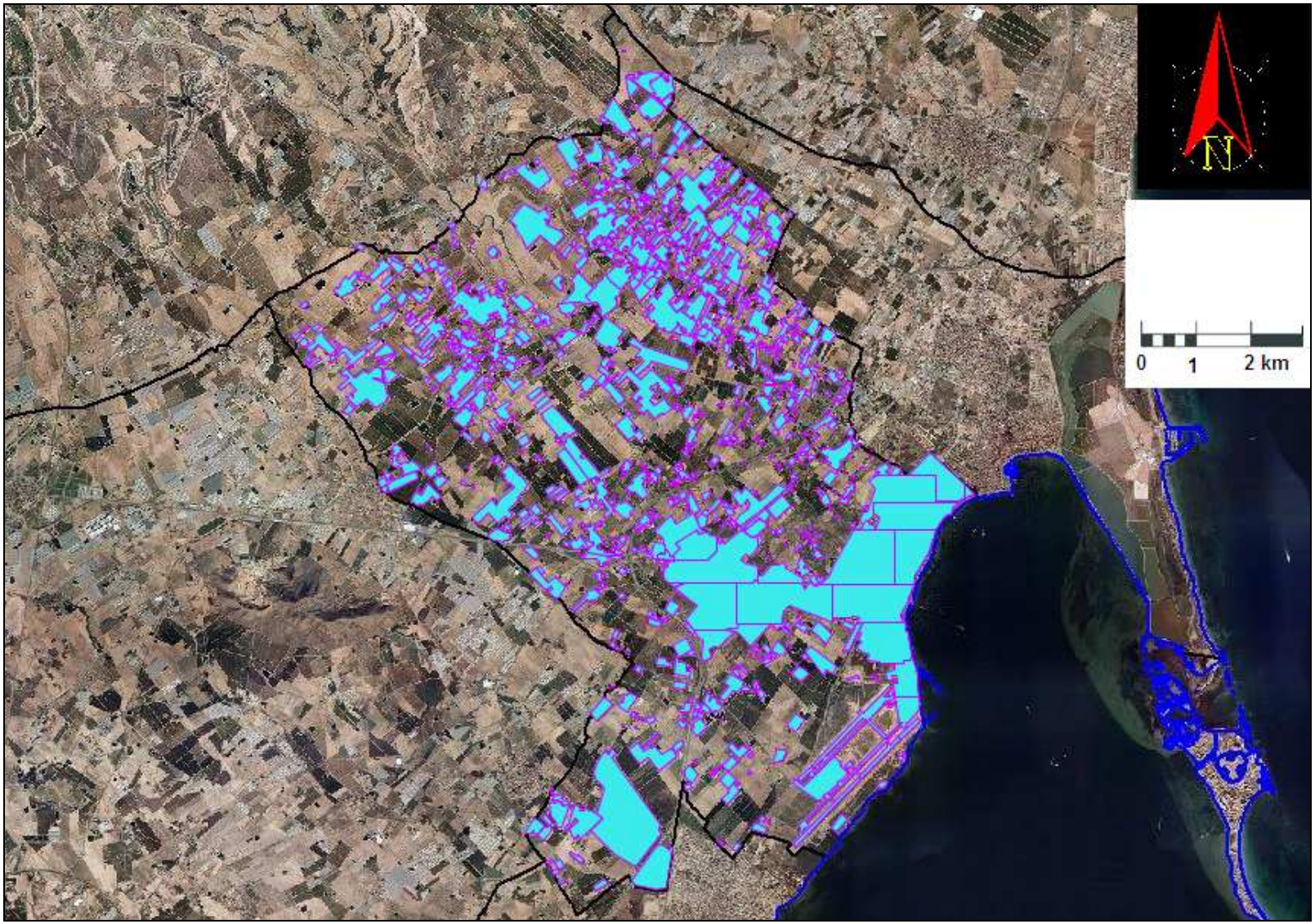


Figura 4.40c. Sellado total de suelo en San Javier. Año 2011. Fuente: elaboración propia.

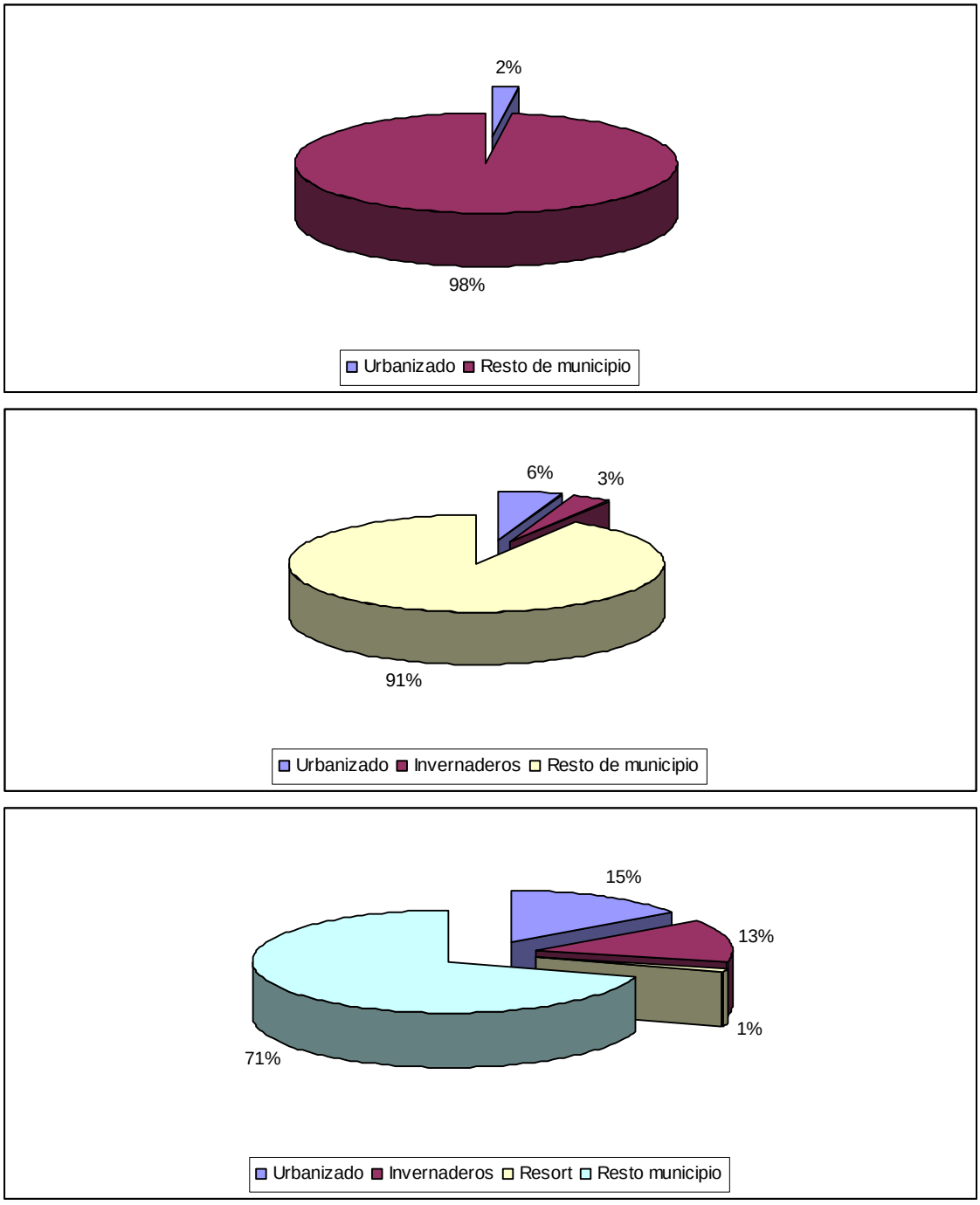


Figura 4.41. Evolución Interanual del sellado total de suelo en % de San Javier. Imagen superior 1956, media1981; inferior 2011. Fuente: elaboración propia.

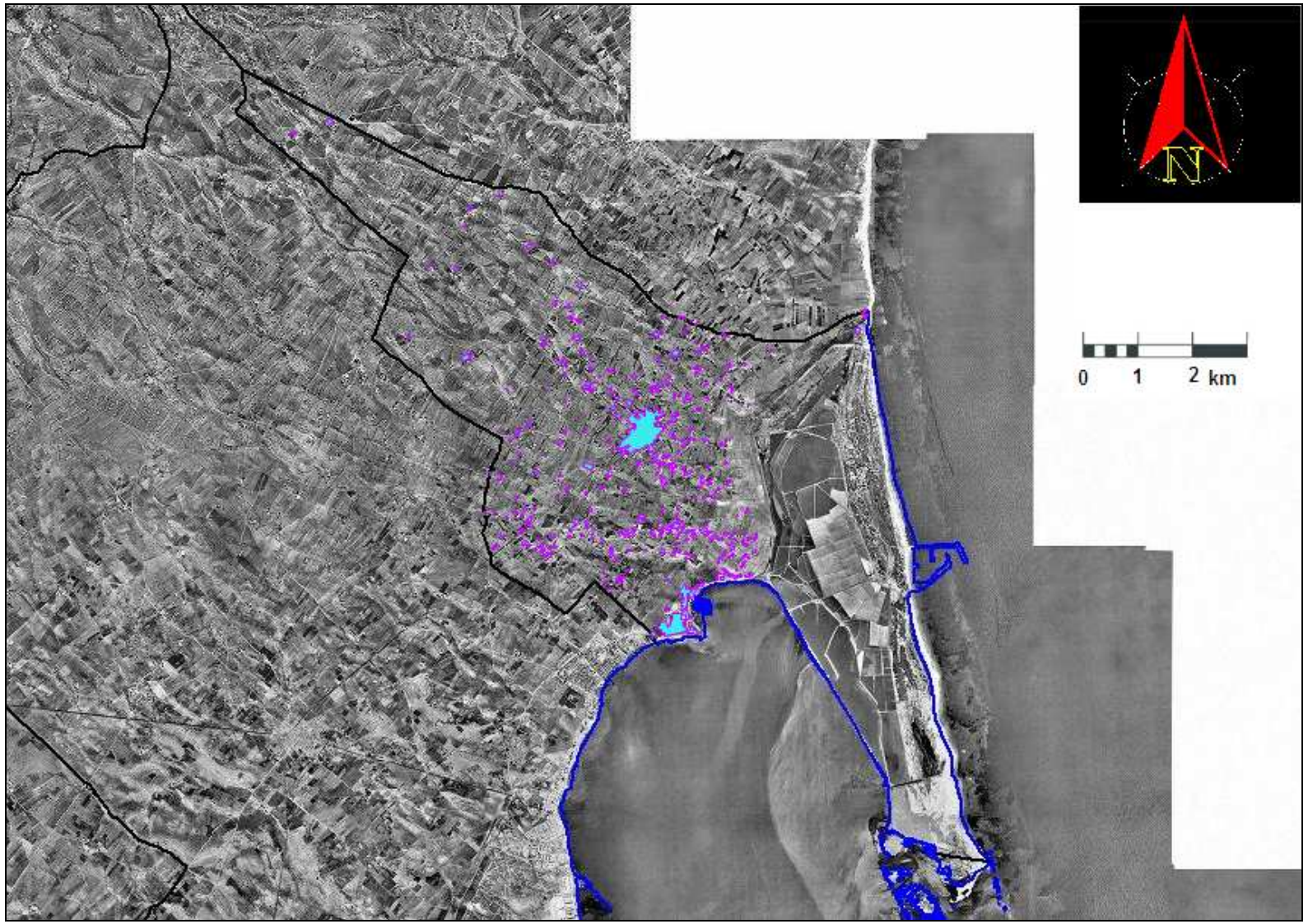


Figura 4.42a. Sellado total de suelo en San Pedro del Pinatar. Año 1956. Fuente: elaboración propia.

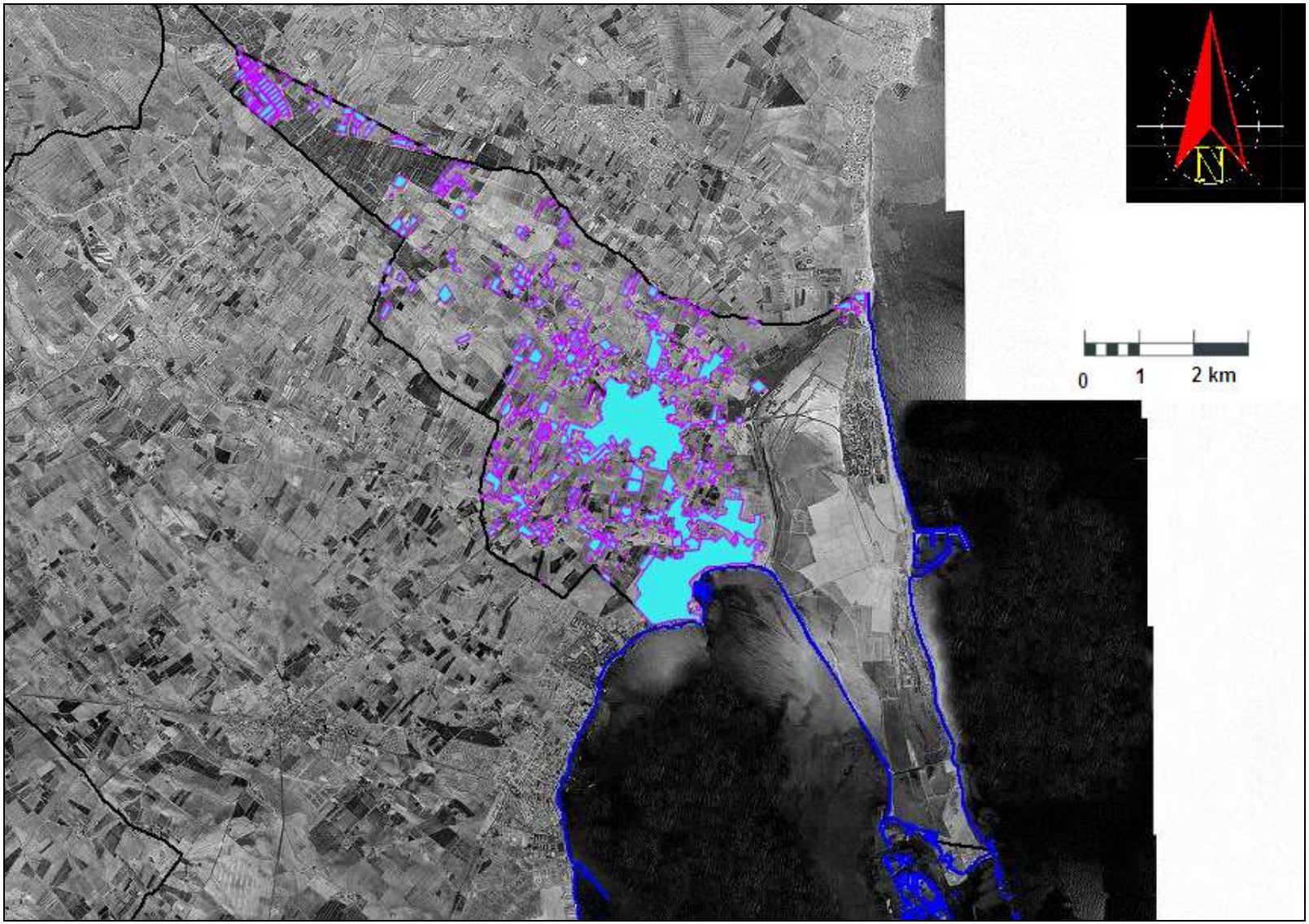


Figura 4.42b. Sellado total de suelo en San Pedro del Pinatar. Año 1981. Fuente: elaboración propia.



Figura 4.42c. Sellado total de suelo en San Pedro del Pinatar. Año 2011. Fuente: elaboración propia.

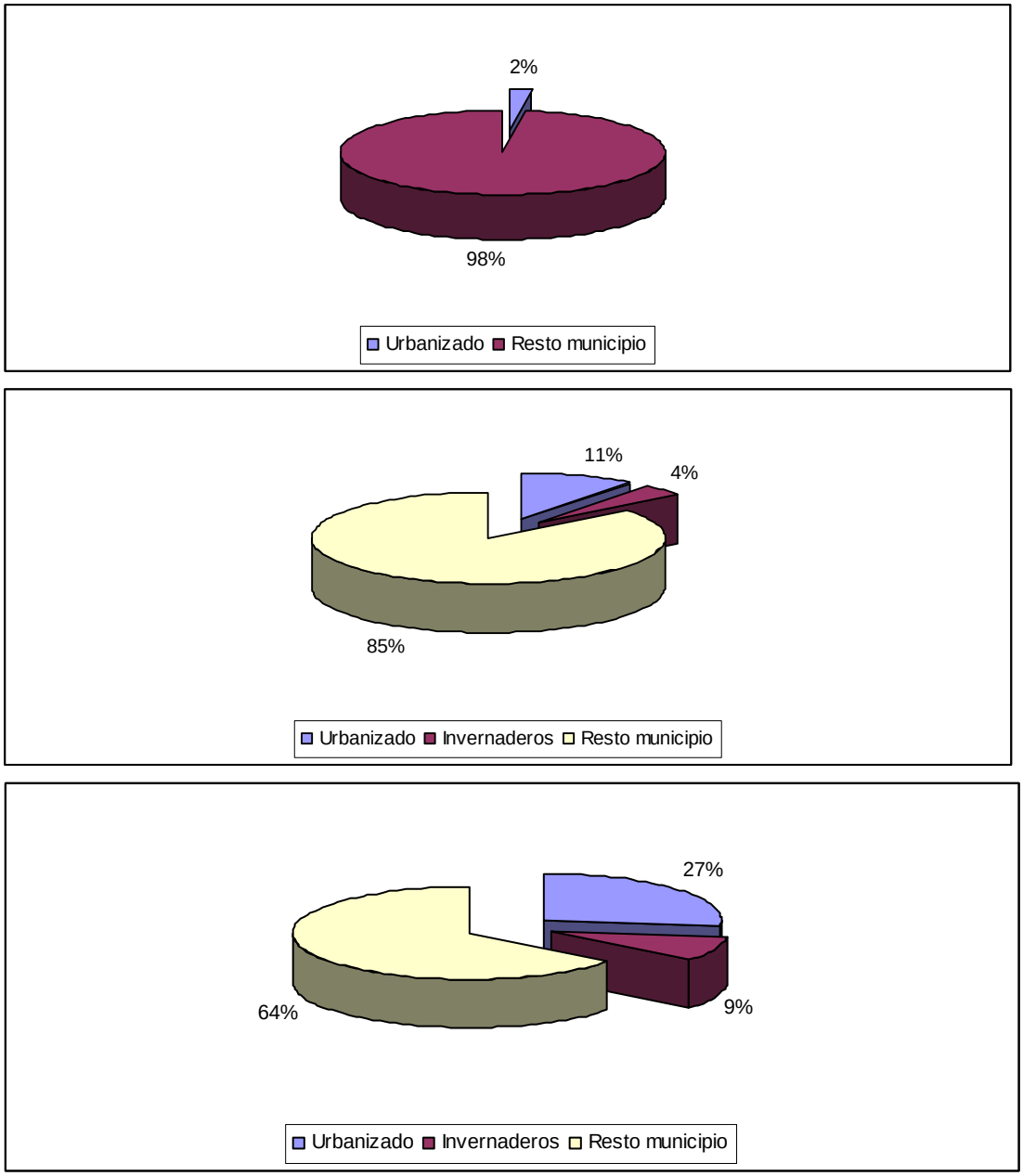


Figura 4.43. Evolución Interanual del sellado total de suelo en % de San Pedro del Pinatar. Imagen superior 1956, media1981; inferior 2011. Fuente: elaboración propia.

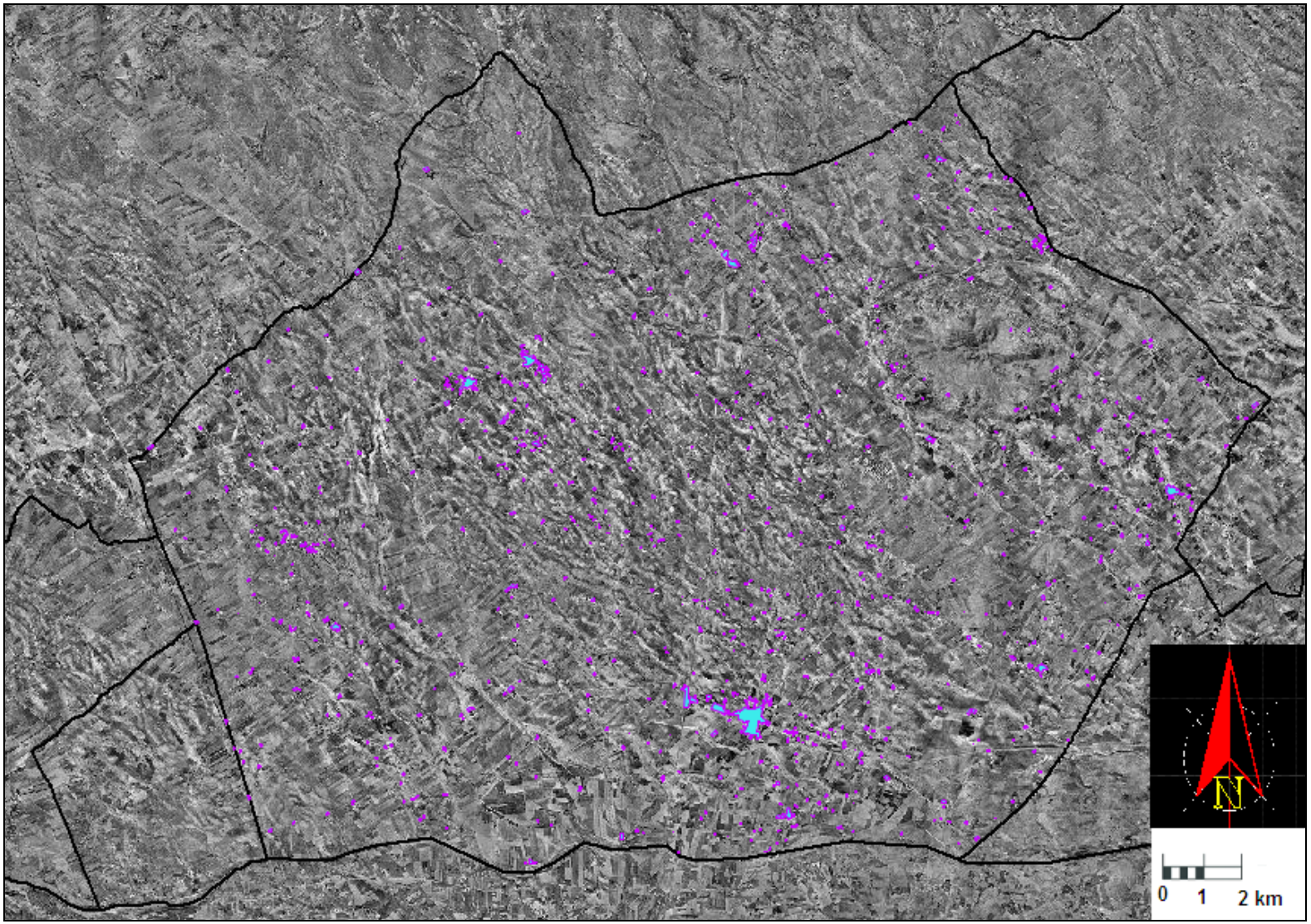


Figura 4.44a. Sellado total de suelo en Torre Pacheco. Año 1956. Fuente: elaboración propia.

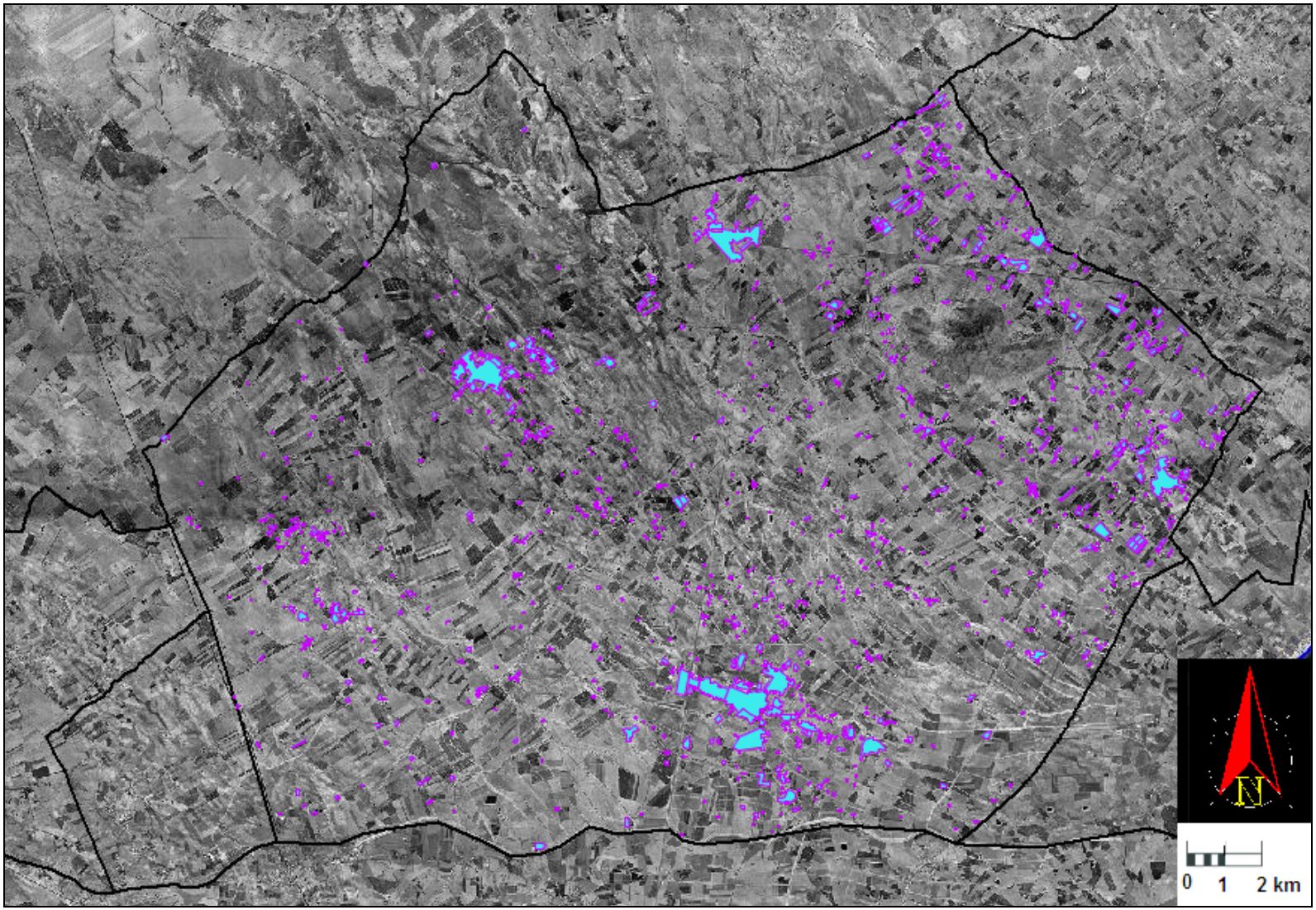


Figura 4.44b. Sellado total de suelo en Torre Pacheco. Año 1981. Fuente: elaboración propia.

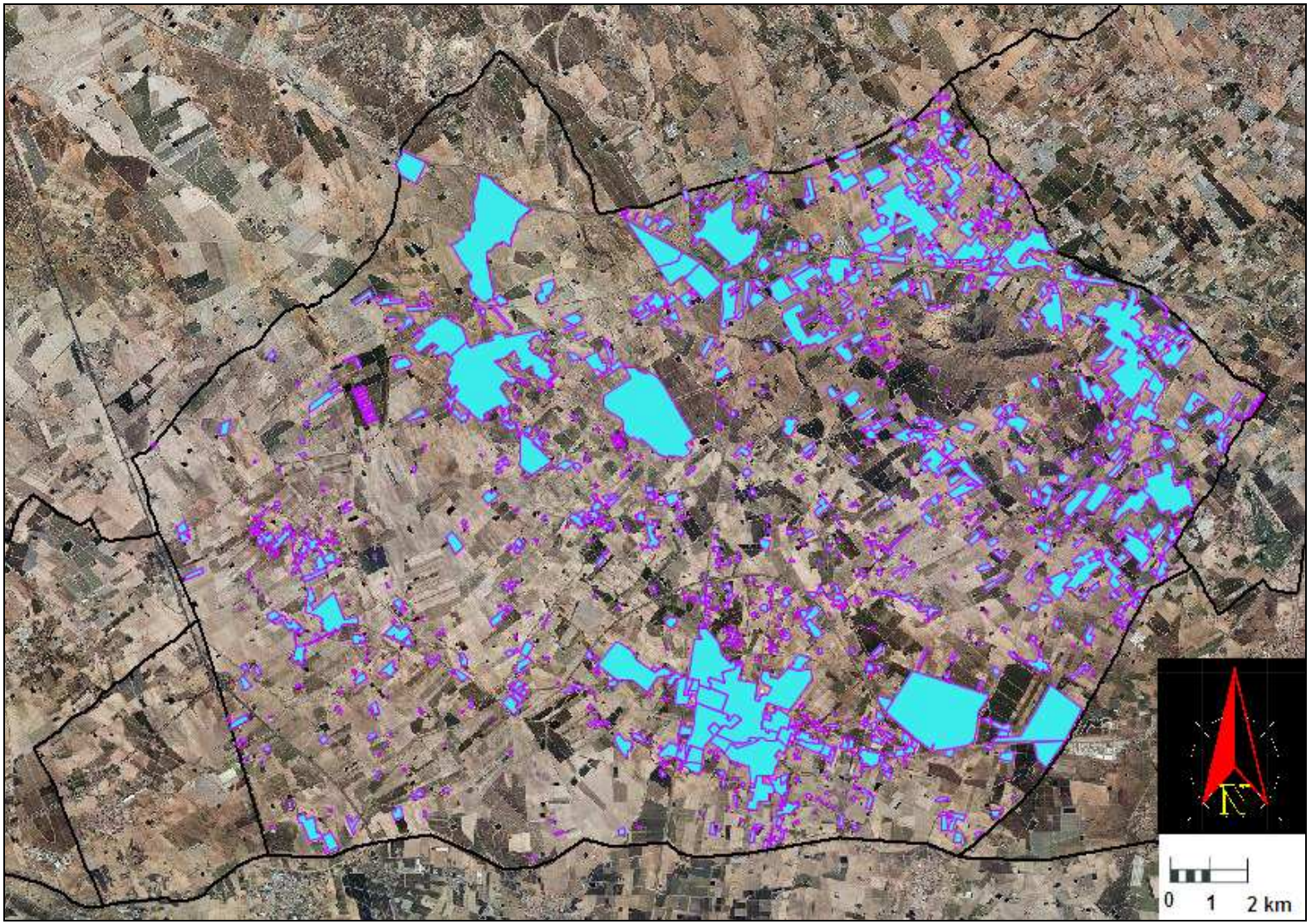


Figura 4.44c. Sellado total de suelo en Torre Pacheco. Año 2011. Fuente: elaboración propia.

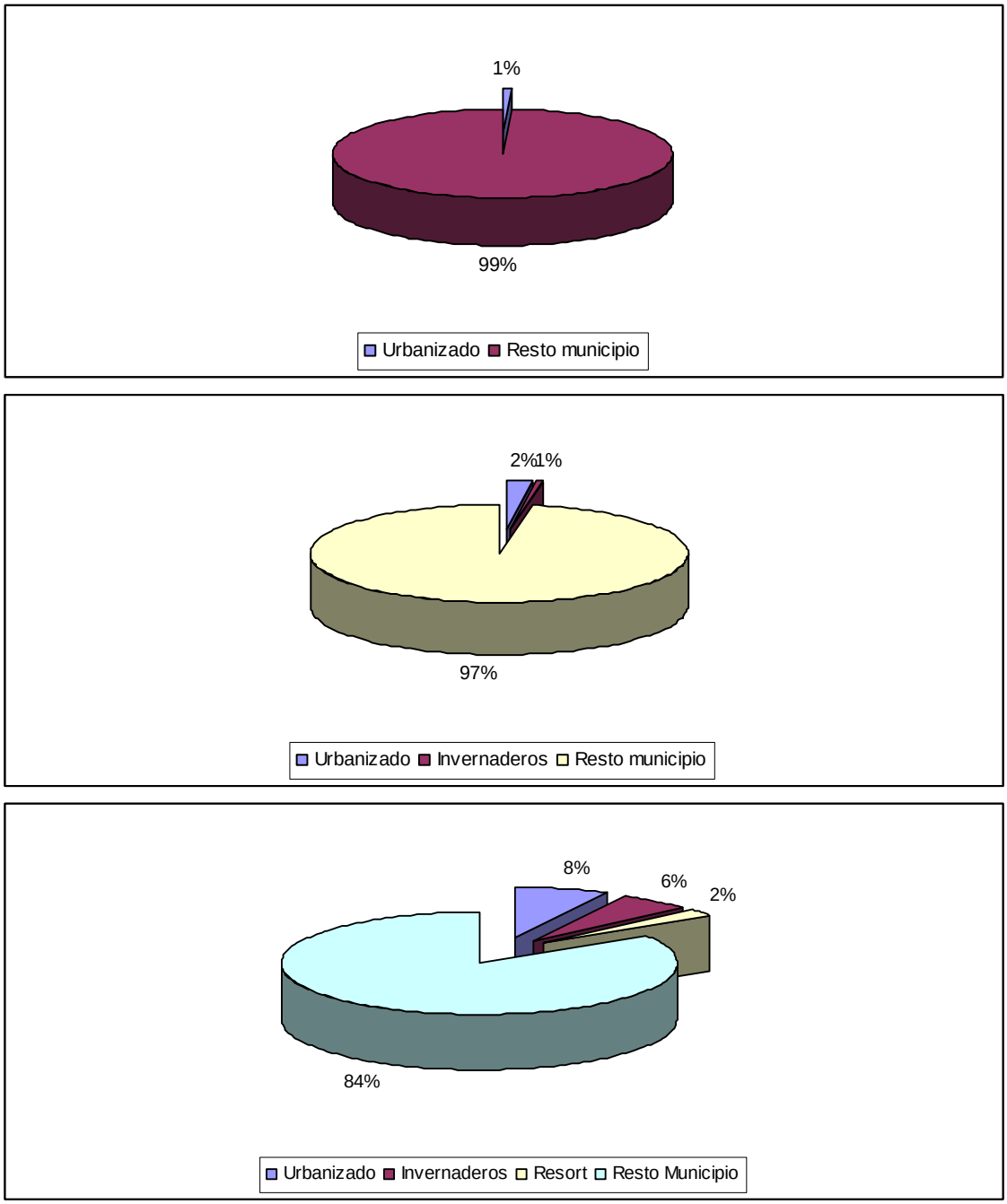


Figura 4.45. Evolución Interanual del sellado total de suelo en % de Torre Pacheco. Imagen superior 1956, media1981; inferior 2011. Fuente: elaboración propia.

1.5.2. Evolución Interanual comarcal de sellado de suelo total

De los datos recogidos en la tabla 4.7 y analizados con anterioridad a nivel municipal se desprende que el proceso de sellado en la comarca ha sido relativamente lento hasta los años 80 del siglo pasado (Figura 4.46 y 4.47), momento en el cual dos factores van a entrar en juego de manera decisiva. Por un lado el turismo, atraído por la belleza y las características medioambientales de la laguna del Mar Menor y, por otro, la agricultura que pasa de ser básicamente de secano a regadío intensivo por la aparición del trasvase de aguas del tajo al Segura, lo que supondrá la dotación continua de recursos hídricos para ese regadío, y favorecerá posteriormente la creación de cultivos bajo plásticos y más concretamente en invernaderos. Estas circunstancias han hecho que el crecimiento de sellado de suelos en el periodo de 1981 a 2011 haya sido verdaderamente notable.

Tabla 4.10. Evolución interanual del sellado total de suelo por los distintos factores analizados. Fuente: Elaboración propia

Año	Urbanizado Km²	Invernaderos Km²	Resorts Km²	Carreteras Km²	Sellado total Km²
1956	8,24	0	0	0,47	8,71
1981	21,69	5,31	0	2,43	29,43
2011	65,92	29,24	22,55	10,53	128,25

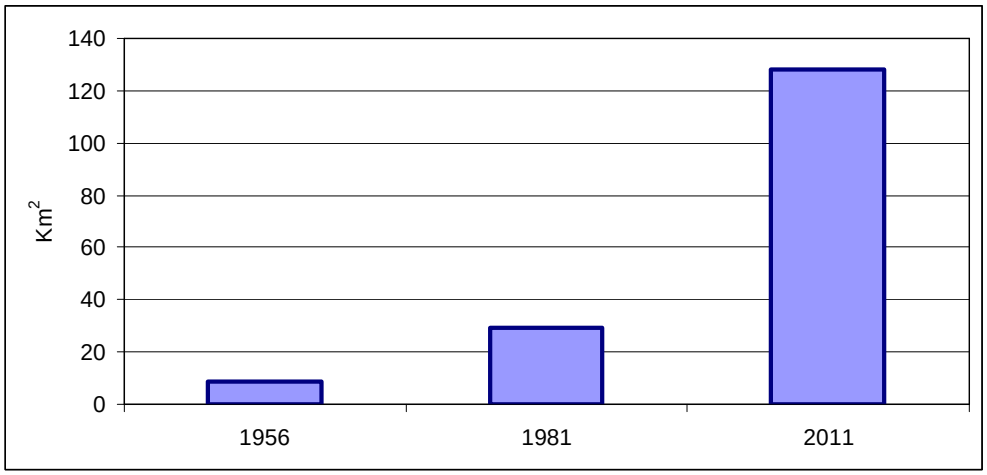


Figura 4.46. Evolución interanual del sellado total de suelo en la CCCMM.

En 1956 como sellado del suelo tan sólo se puede considerar un 1% de la superficie total y se debe a suelo urbanizado. En 1981 el sellado en la CCCMM aumenta al 3%, correspondiendo un 2%, a urbanizado y un 1%, a invernaderos. Por en contrario, en 2011, el 16%, de la comarca (sin contar la superficie sellada por infraestructuras viarias) está sellada, siendo en un 10%, por urbanizado y un 6%, por invernaderos (Tabla 4.6).

Analizando los tipos de sellado de suelo en las diferentes fechas (Figura 4.47), es de resaltar el incremento del suelo urbanizado de 1956 a 1981, pero muy especialmente de 1981 a 2011. Los Resorts no existían en 1981, ocupando una superficie sustancial en 2011. Los invernaderos se instalan en la comarca en la década de los años 70 del siglo pasado, pero se consolidan a finales del siglo XX y principios del XXI, ocupando en 2011 casi 30 km^2. Finalmente, las infraestructuras viarias (que pueden producir sellado) son muy escasas tanto en 1956 como en 1981, mientras que en 2011, consecuencia del crecimiento urbanístico y producciones agrícolas orientadas al mercado (como los cultivos en invernaderos), han visto aumentar significativamente su superficie ocupada.

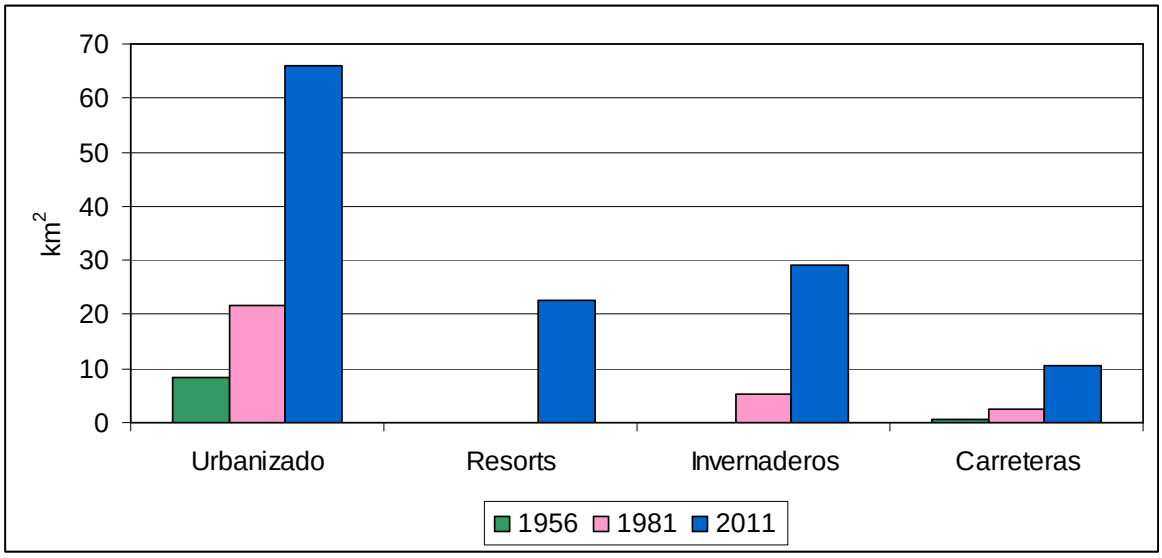


Figura 4.47. Evolución interanual del sellado total de suelo por los distintos factores analizados.

Las figuras 4.48 (a,b,c) representa el sellado total por urbanizado (incluidos resorts) e invernaderos, hablan por si solas de la evolución seguida en las tres fechas analizadas.

La superficie de sellado de suelos en el área de estudio es de 128 km² de los 800 km² del total analizado, podría pensarse que no es suficiente para alterar los valores medioambientales de la comarca pero, por el contrario, al interactuar los distintos agentes selladores del terreno, han puesto en peligro el equilibrio medioambiental y económico de la comarca, aspecto que será analizado en capítulos sucesivos.

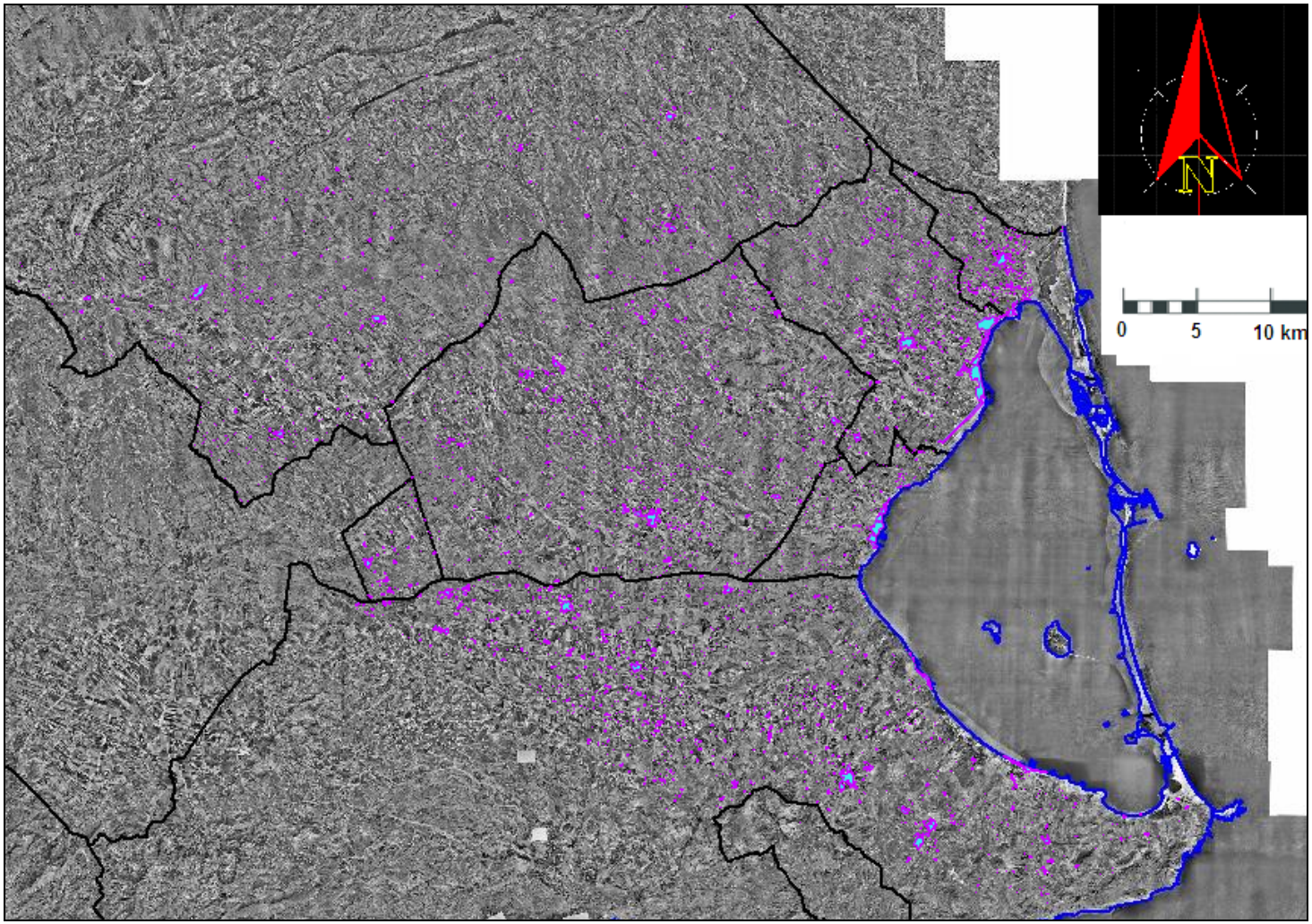


Figura 4.48a. Superficie total de sellado de suelo en la CCCMM (1956). Fuente: elaboración propia

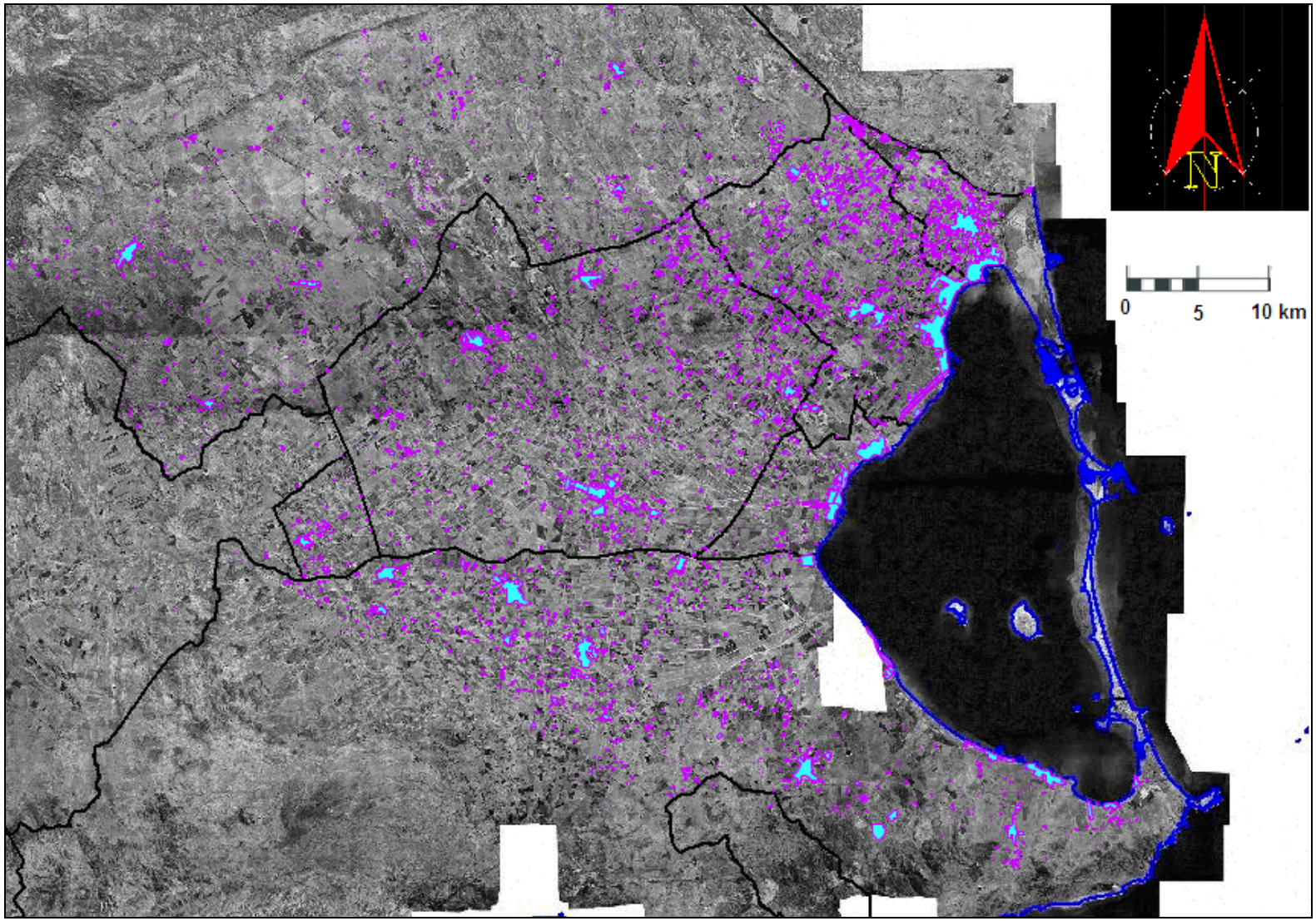


Figura 4.48b. Superficie total de sellado se suelo en la CCCMM (1981). Fuente: elaboración propia.

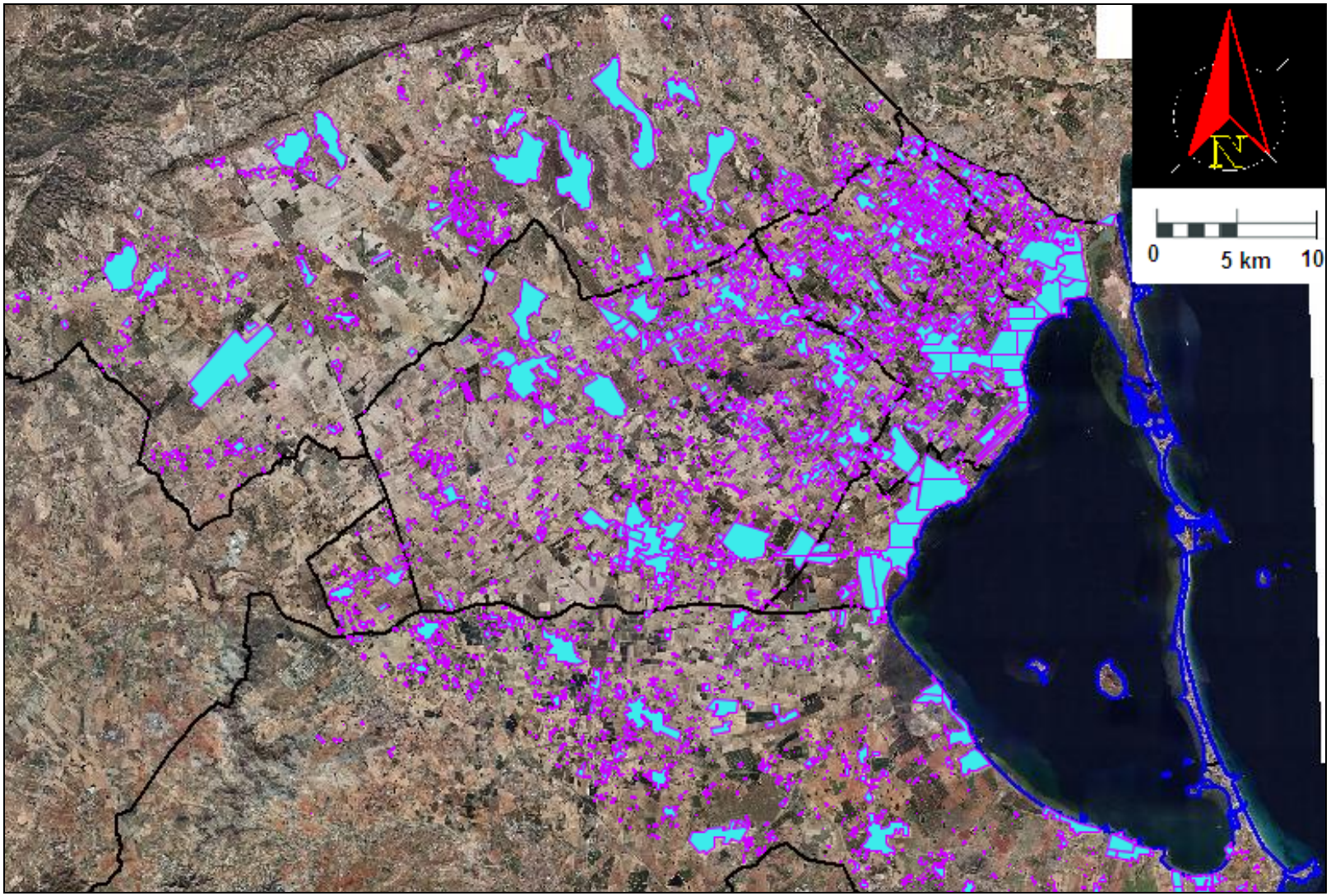


Figura 4.48c. Superficie total de sellado de suelo en la CCCMM (2011). Fuente: elaboración propia.

2. Superficies construidas según fuentes estadísticas y catastrales

Para constatar la importancia del sellado de suelo en la comarca, además de la digitalización realizada de las ortofotografías, se han consultado diferentes fuentes estadísticas (INE) y catastrales (Catastro de urbana). Se ha hecho un análisis de las viviendas construidas y su tipología, con lo que ha sido posible observar el urbanismo expansivo; y por otro lado, la información catastral nos ha permitido conocer el número de inmuebles existente en cada municipio y la superficie que estos ocupan.

La llamada "burbuja inmobiliaria" (1998-2007) de la costa mediterránea de España, en la que se localiza la Región de Murcia, ha producido un enorme "urbanismo expansivo", consecuencia, en parte, de la demanda de migrantes jubilados procedentes mayoritariamente del norte de Europa. Son numerosos los autores que han abordado el tema de la inmigración de este colectivo a España atraídos, entre otras cosas, por el clima (King et al. 2000; O'Reilly, 2009; Williams et al., 2000; Rodríguez et al., 2005; Casado, 2006; Huete, 2009; Mazón et al., 2009; o Huete y Mantecón, 2013). Así, el número de este tipo de nuevos habitantes retirados empadronados en España se multiplicó por 7,5 entre 1991 y 2012 (Membrado Tena, 2015). Una gran mayoría de ellos (95%) eligió para pasar sus años de jubilación, las regiones españolas litorales de clima mediterráneo, entre las que se encuentra la Comarca del Campo de Cartagena Mar Menor.

Este clásico "turismo de sol y playa" de los 60-80, dio paso al "turismo residencial", que a partir de los 90 entre otras cosas ofrece como principal atractivo una mejora en la calidad de vida de los que practican. Ello fue debido al desarrollo del estado de bienestar europeo y al envejecimiento de la población de la UE. El turismo residencial ha transformado de forma radical el paisaje de gran parte de las costas españolas. Este tipo de turismo puede suponer, en un principio, mejoras en las economías locales, debido al incremento de puestos de trabajo en la construcción e industrias relacionadas, así como un aumento de impuestos para los ayuntamientos correspondientes; pero en la actualidad, se está viendo otra serie de inconvenientes, que a priori no se predijeron.

Estas comarcas que solían ser tradicionalmente focos de emigración, se convirtieron en áreas muy atractivas para la inmigración, por motivos laborales para unos, y en busca de una mayor calidad de vida, para otros. No obstante, este modelo de desarrollo turístico no está exento de problemas y limitaciones. La ausencia de planificación y su rápida

extensión espacial ha provocado, por un lado, un fuerte impacto ambiental y, por otro, no ha generado una estructura turística de calidad (en cuanto a servicios e infraestructuras) que facilitase futuras medidas de recuperación o reconversión turística (Aledo et al., 2007). Con la crisis económica, el crecimiento económico inicial de las administraciones ha cesado y, en la actualidad, los ayuntamientos apenas pueden proporcionar los servicios básicos a estas urbanizaciones.

2.1. Tipos de viviendas en la CCCMM según fuentes estadísticas

En la comarca consideramos que es importante tener en cuenta la tipología de viviendas, ya que ello pone de manifiesto la influencia de la actividad turística como lugar de segunda residencia y también nos da idea de su auge con la burbuja inmobiliaria producida en toda España en el periodo 1998-2007. Es necesario volver a mencionar que en el análisis de viviendas realizado se han excluido los municipios de Cartagena y Murcia, pues si bien parte de su área administrativa se incluye en la comarca, no las ciudades de Murcia y Cartagena, en donde se concentra la mayor parte de la población, lo que podría introducir una importante distorsión estadística.

Si comparamos los dos últimos censos disponibles de 2001 y 2011 a nivel nacional (INE, 2013), la Región de Murcia ocupa el primer puesto en crecimiento del número de viviendas por CCAA con un 31,1%, y el cuarto si se consideran las provincias. Además, uno de los municipios que forman parte de la comarca aquí estudiada, Torre Pacheco, es el tercer municipio de España, con más de 20.000 habitantes y mayor crecimiento relativo en número de viviendas entre 2001 y 2011, 115,5%.

Uno de los hechos que refleja la influencia del turismo residencial en el sellado del suelo es el número de viviendas secundarias (Tabla 4.8). En el año 2011 (fecha del último censo de población y viviendas) las viviendas secundarias en la Región de Murcia representaban el 20% del total, frente al 14,6% de España (INE, 2013). Según los datos disponibles, desde 1950, se observa una evolución creciente hasta la actualidad (Figura 4.49). Entre las décadas de los años 70 y 90 del siglo XX esa acentuación se aceleró, propiciado por el boom turístico nacional e internacional, consecuencia de la bonanza económica vivida en esos años. Así, entre 1986 y 1992 tuvo lugar la llamada “burbuja inmobiliaria” (especulación en el mercado de bienes inmuebles en España) que duró hasta finales de 2007 o principios de 2008, fecha de inicio de la actual crisis económica española. Como resultado de ese periodo expansionista, a partir de la década de los 90 y

primeros años del siglo XXI, el crecimiento de este tipo de viviendas, en general, se ralentiza, aunque no de igual modo en todas las regiones.

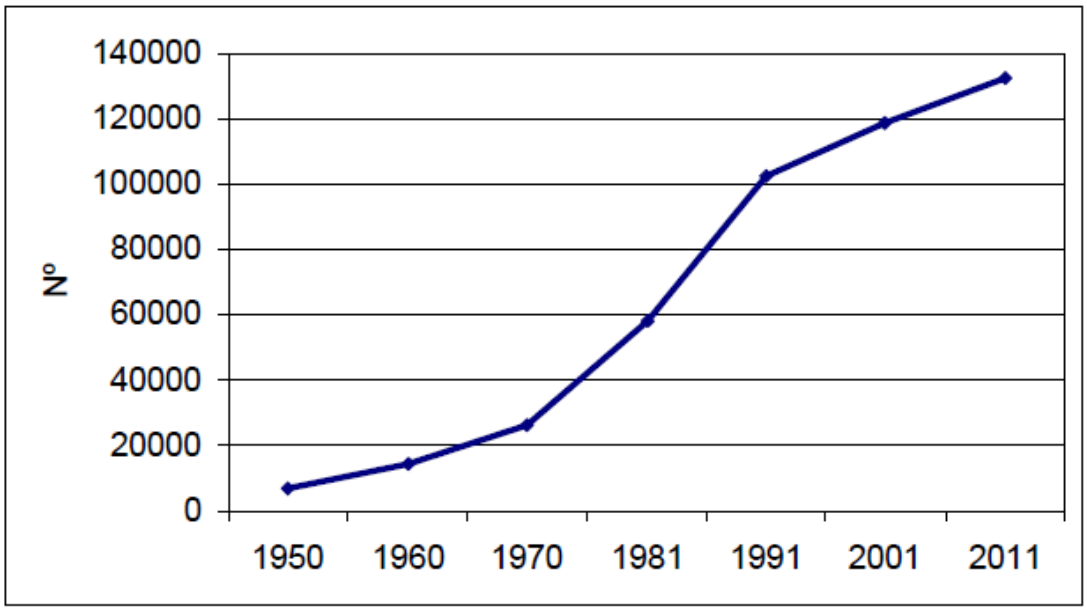


Figura 4.49. Evolución de las viviendas secundarias en la región de Murcia (1950-2011). Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE

Tabla 4.11. Número de tipo de viviendas en la CCCMM según los censos de 2001 y 2011. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

Municipios	Total		Principales		Secundarias		Vacías	
	2001	2011	2001	2011	2001	2011	2001	2011
L. Alcázares	20689	21442	3181	5988	16838	14783	670	671
San Javier	29962	39554	6774	11080	21365	23365	1823	5109
San Pedro	16256	19708	5382	8374	4157	8844	6717	2490
T. Pacheco	9200	20386	7132	10744	285	2316	1783	7326
Comarca*	**76107**	**101090**	**22469**	**36186**	**42645**	**49308**	**10993**	**15596**
R. Murcia	**592613**	**776700**	**378252**	**515367**	**118772**	**132216**	**95589**	**129117**

En la Región de Murcia (el 63,7%) de las viviendas secundarias se concentran en los municipios estudiados. Destacan los ribereños del Mar Menor: San Javier, Los Alcázares y San Pedro del Pinatar como los que mayor número tienen en la actualidad (Figura 4.50). Tomando como referencia los dos últimos censos considerados, uno con anterioridad a la crisis económica (2001) y otro con posterioridad (2011), es posible observar (Tabla 4.9) como, en términos absolutos sólo en el municipio de Los Alcázares disminuyó la construcción de viviendas secundarias. En términos relativos (Figura 4.51), los porcentajes que corresponden a este tipo de viviendas respecto a las viviendas

principales disminuyeron en Los Alcázares y San Javier; mientras que, por el contrario, se incrementaron en San Pedro del Pinatar y Torre Pacheco, destacando San Pedro del Pinatar en donde el porcentaje de variación fue superior al 19%.

A fecha de 2011, pese al descenso señalado, la vivienda secundaria tiene una enorme importancia en la comarca, destacando valores del 70% en Los Alcázares (81% en 2001), 59% en San Javier (71% en 2001) y 45% en San Pedro del Pinatar (Figura 4.51). No obstante, hay que mencionar que gran parte del porcentaje de San Javier no se localiza en el sector del municipio correspondiente a la ribera interior del Mar Menor, sino al sector de La Manga del Mar Menor que corresponde a este municipio.

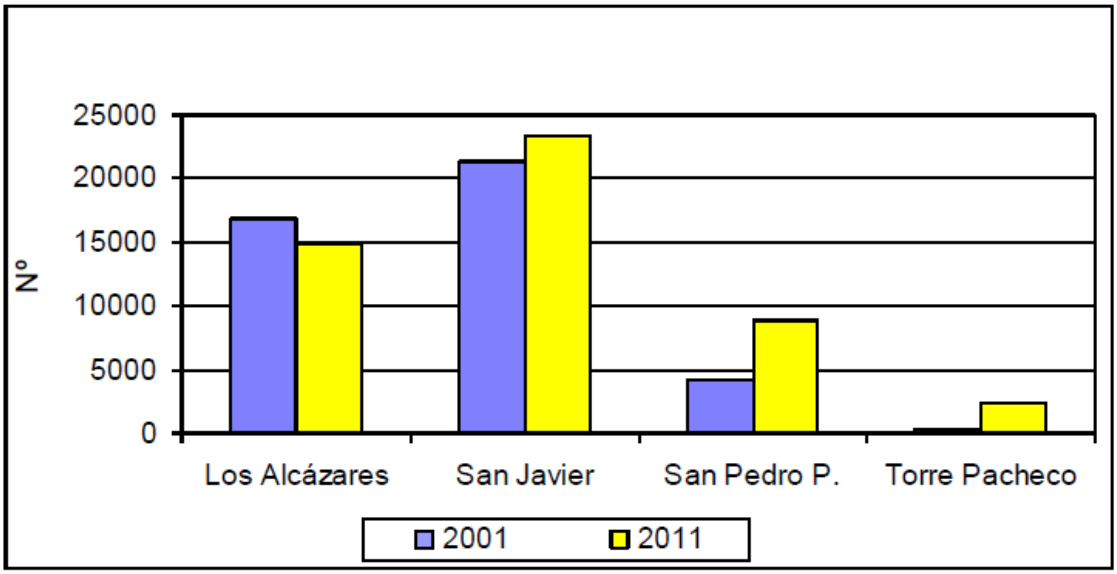


Figura 4.50. Número de viviendas secundarias en la CCCMM. Años 2001 y 2011.
Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE.

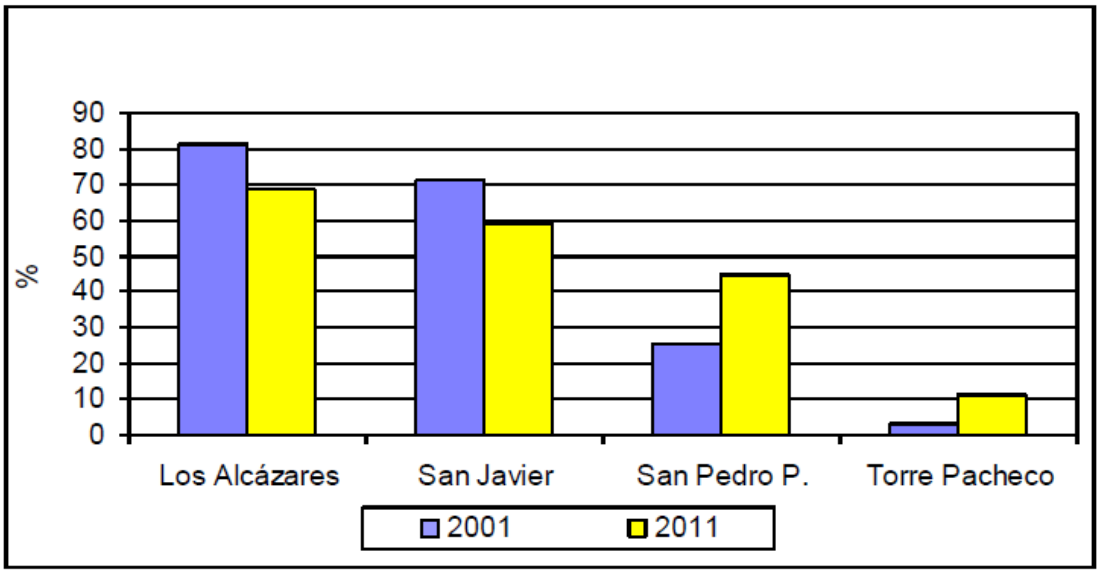


Figura 4.51. Viviendas secundarias (%) respecto a las viviendas totales. Años 2001 y 2011.
Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE

Un tercer tipo de viviendas de interés para nuestro estudio del fenómeno de la expansión urbana, lo constituyen las viviendas vacías. Estas, en la mayoría de los casos, son fruto de una construcción especulativa (unida a la burbuja inmobiliaria) y la posterior crisis económica. Según un informe del INE (2013), el número de viviendas de este tipo en España aumentó en una década (2001-2011) el 10,8%, siendo Galicia, la Rioja y Murcia las comunidades autónomas con mayores porcentajes de crecimiento. En 2011 las de la Región de Murcia ascendían a 129.111, de las que el 48% (62.458), se encontraban en la comarca analizada. A escala local, para dar una idea de la relevancia de este fenómeno constructivo en el área de estudio, el municipio de toda España, mayor de 20.000 habitantes, con mayor porcentaje de viviendas vacías (35,9%) era también Torre Pacheco (INE, 2013).

Para el conjunto de la CCCMM las viviendas vacías representan el 15,4% del total (Tabla 4.9). En el año 2001 el municipio con mayor porcentaje era San Pedro del Pinatar (41,3%), seguido de Torre Pacheco (19,4%); por el contrario en 2011 es Torre Pacheco, con un 35,9%, el que posee la mayor cantidad de esta tipología de viviendas. Sin duda, los elevados valores mencionados ponen de manifiesto la magnitud del fenómeno constructivo en el periodo del boom inmobiliario y la escasa ocupación real de estas viviendas en relación a lo anterior. Por lo general, las pérdidas económicas debido han sido muy grandes (González Martín et al., 2012), pero aún más las medioambientales, de las que apenas se habla.

Tabla 4.12. Número y % de viviendas vacías en la CCCMM.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE. NO

Municipio	Nº Viviendas Vacías 2001	Nº Viviendas Vacías 2011	% Viviendas Vacías 2001	% Viviendas Vacías 2011
Los Alcázares	670	671	3,2	3,1
San Javier	1823	5109	6,1	12,9
San Pedro P.	6717	2490	41,3	12,6
Torre Pacheco	1783	7326	19,4	35,9
Comarca*	**10993**	**15596**	**14,4**	**15,4**
Región Murcia	**95589**	**129117**	**16,1**	**16,6**

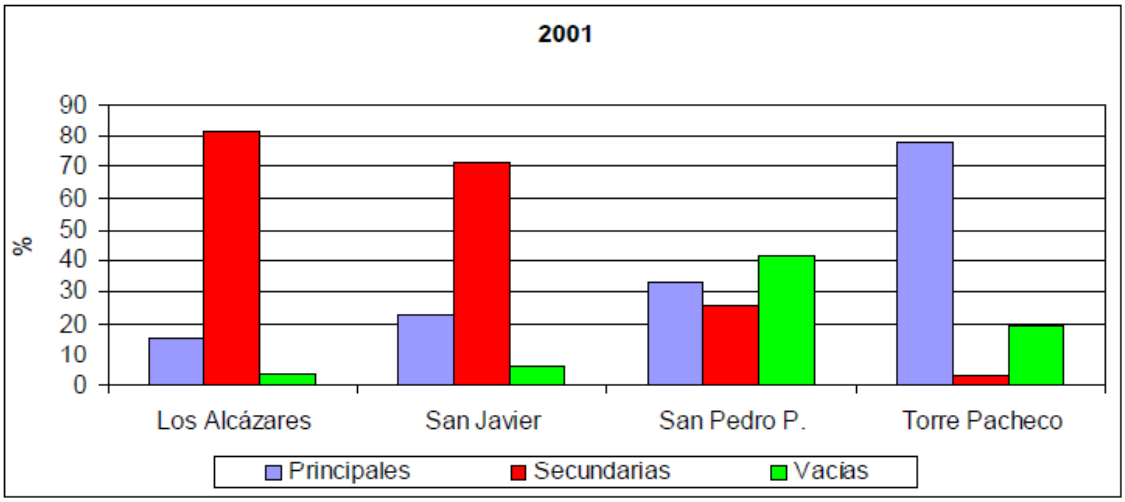


Figura 4.52. Tipos de viviendas (%). Año 2001. Fuente: elaboración propia a partir de datos el INE.

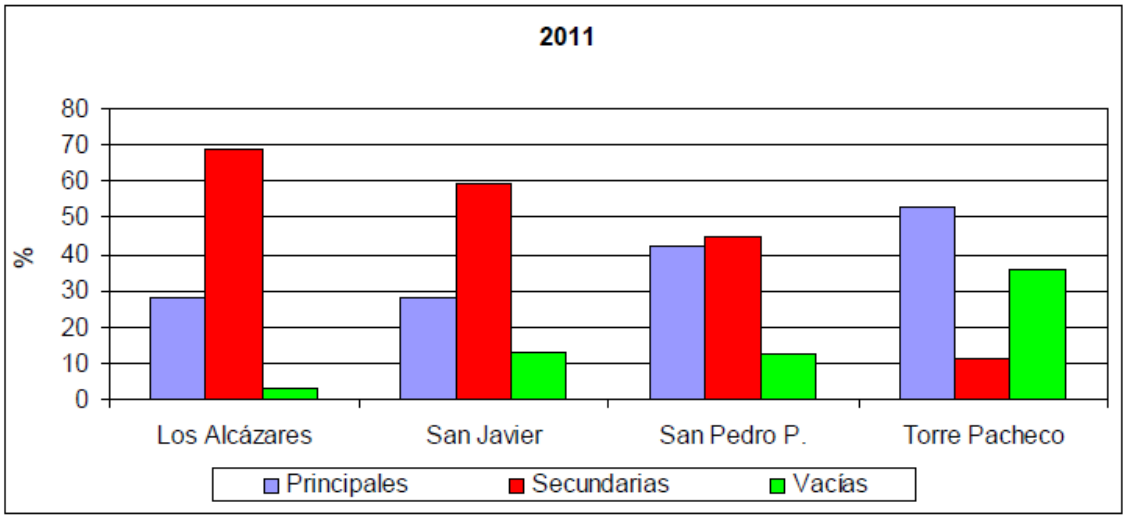


Figura 4.53. Tipos de viviendas (%). Año 2011. Fuente: elaboración propia a partir de datos el INE.

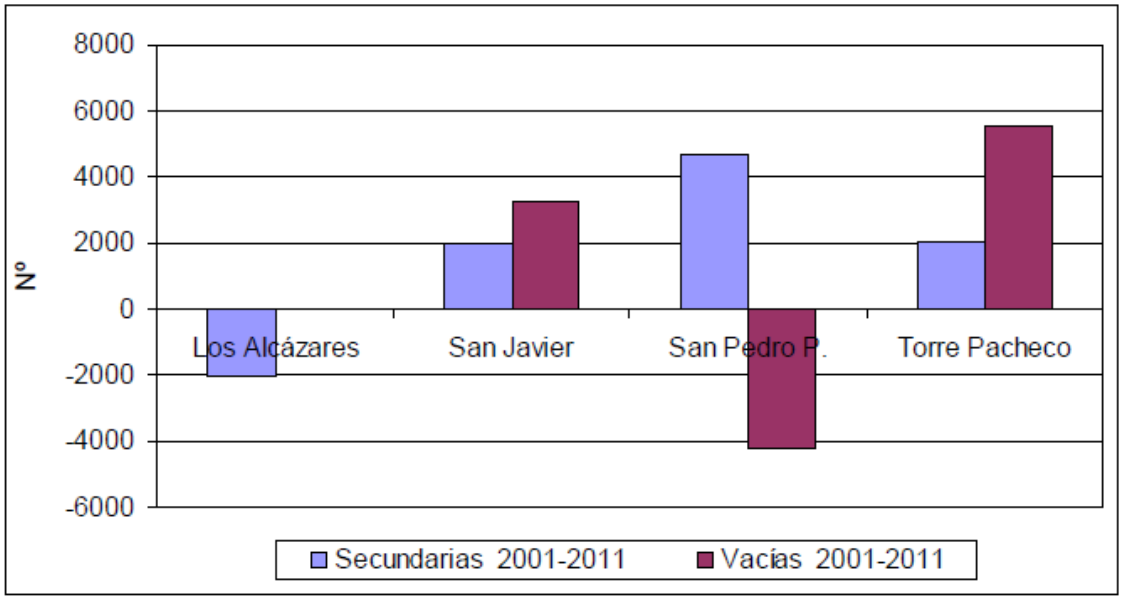


Figura 4.54. Diferencia de viviendas secundarias y vacías en el periodo 2001-2011. Fuente: elaboración propia a partir de datos el INE.

2.2. Superficie construida en la CCCMM según fuentes catastrales

Las fuentes catastrales nos aportan unos datos muy valiosos para conocer realmente las superficies urbanizadas en los distintos municipios. Dichos valores se han obtenido de la sede electrónica de la Dirección General del Catastro, dependiente del Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas con datos actualizados a enero de 2014 (MHAP, 2014). Los productos catastrales que se emplearon fueron las parcelas de urbana para cada municipio del área de estudio.

En términos absolutos el balance de lo construido con fecha de enero de 2014 era de 45.194.520,1 m², un 5,8% de la superficie total del área de estudio (800.455.160 m^2) (Tabla 4.10). Entre los municipios, destaca el área de Cartagena con 11.110 inmuebles. No obstante, municipios muy pequeños como Los Alcázares, con una superficie de término municipal de 19,8 km^2, tiene 5.050 inmuebles construidos; o San Pedro del Pinatar de 22,3 km^2, su número de inmuebles se eleva a 8.397.

Tabla 4.13. Inmuebles y superficie construida en la CCCMM (enero 2014).
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Catastro

Municipios	**Nº inmuebles**	**%**	**Área (m²)**	**%**
Los Alcázares	5.050	11,0	2.773.579,93	11,0
San Javier	7.772	16,9	4.437.245,5	16,9
San Pedro del P,	8.397	18,3	2.386.928,11	18,3
Torre-Pacheco	8.264	18,0	5.745.353,01	18,0
Murcia*	5.367	11,7	24.439.698,9	11,7
Cartagena*	11.110	24,2	5.411.714,6	24,2
Total	**45.960**		**45.194.520,1**	

* Sólo se considera la superficie del municipio incluida en la comarca.

Sin duda, esta superficie ocupada, como se analizará en otro apartado de esta tesis, tiene una repercusión directa en el aumento de la exposición y de la vulnerabilidad de estas poblaciones al peligro de inundación.

3. Superficies de invernaderos según fuentes estadísticas

Si analizamos en primer lugar el regadío en la CCCMM, se observa como la superficie ocupada por cultivos de regadío ha aumentado. En 1985 el regadío ocupaba un 38% frente a un 62% del secano; por el contrario en 2011 el regadío ocupa el 46,6% y el secano el 53,4%. No obstante, también hay que mencionar que las tierras de cultivo han disminuido habiendo pasado de 143.793 ha en 1985 a 115.743 ha en 2011 (MAAMA, 2002, 2013).

De la superficie dedicada a regadío, las estadísticas oficiales contabilizan, para el año 2011, 1.431 ha ocupadas por invernaderos, lo que no concuerda, en principio, con los valores obtenidos por nosotros mediante digitalización. En la tabla 4.11 se muestran las superficies de invernaderos, según los datos estadísticos oficiales (CREM), para cada uno de los municipios estudiados, y en en porcentajes respecto al municipio. La disparidad en los resultados la achacamos a que la implantación del invernadero no solo implica la propia instalación específica, sino también instalaciones adyacentes para su correcto funcionamiento, y la utilización del terreno circundante entre invernaderos, que en la digitalización nosotros hemos tenido en cuenta. Además cabe la posibilidad (bastante certera) de que muchos invernaderos no están declarados como tales.

Tabla. 4.14. Superficie (ha) de cultivos en invernaderos en los distintos municipios estudiados para el año 2011. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del CREM.

Municipio	**Superficie regadío (CREM)(ha)**	**Superficie invernaderos (CREM)(ha)**	**Invernaderos respecto al regadío (%)**
Los Alcázares	793	15	1,89
Cartagena	11.262	187	1,66
San Javier	3.521	439	12,47
San Pedro P.	822	120	14,60
Murcia	19.429	12	0,06
Torre Pacheco	13.219	658	4,98
TOTAL	**49096**	**1431**	**35,66**

4. Impactos medioambientales del sellado del suelo

El sellado de suelos, es una forma de degradación de los mismos, que comporta el recubrimiento de su superficie por una capa de materiales impermeables, aunque algunas actuaciones sobre el suelo también pueden ser considerados como sellado. Tal es el caso de la compactación o la instalación de determinadas infraestructuras agrícolas, que hacen que la superficie cubierta impida el correcto balance hídrico. aumentando el volumen de escorrentía superficial y con ello las posibilidades de aumento de las avenidas e inundaciones. El sellado de suelos, se alimenta normalmente de los suelos mas fértiles, lo que pone en peligro la disponibilidad de productos agrícolas, altera las funciones ecológicas del suelo, e influye determinantemente en la perdida del suelo como hábitat, para la flora y la fauna poniendo en peligro la supervivencia de muchas especies.

Esta ocupación del suelo está relacionado preferentemente con grandes zonas urbanizadas, ciudades, donde y debido a su continua expansión, se ha cubierto el suelo, con edificaciones e infraestructuras. En determinadas regiones o comarcas, debido a un desarrollo económico basado en el turismo, gran parte de esa progresión urbanístico se ubica en zonas costeras en muchos casos de alto valor ecológico, como así está ocurriendo en el área estudiada en esta tesis.

En la comarca analizada, el urbanismo expansivo, la construcción de nuevas vías de comunicación, el cultivo bajo invernaderos y el turismo, han ocasionado un consumo del recurso suelo muy importante, lo que además ha transformado el paisaje original.

4.1. Impactos derivados de las superficies construidas

En el área de estudio, el hombre ha generado un problema que año a año es más evidente y sus consecuencias aún más. Solamente, cuando alguien ha abandonado la comarca y tras un tiempo de lejanía vuelve, se da cuenta de los cambios: nuevos edificios, invernaderos, autopistas, carreteras, urbanizaciones, poblaciones hermanadas por calles y construcciones, bonitas casas que se edifican sobre lo que era un campo de almendros u olivos, centros comerciales construidos en las afuera de las poblaciones con aparcamientos infinitos, etc. Todos estos signos de una sociedad rica y opulenta, sin embargo, son parte del problema con un coste medioambiental muy alto (aunque oculto) y una herencia envenenada.

La combinación de dos acciones: 1) ocupar terrenos naturales, y 2) cubrir esos terrenos con capas impermeables (asfalto, ladrillo, hormigón, etc.), ocasiona toda una serie de

impactos en el territorio de distinto grado y naturaleza. No obstante, las administraciones y la sociedad, aceptan estas acciones como algo inevitable para el desarrollo humano, aunque sus efectos negativos se hacen presentes en la producción de alimentos, los recursos hídricos, el clima y la naturaleza. Estos impactos medioambientales tienen consecuencias económicas y sociales a largo plazo, algunas de ellas ya se están mostrando de forma muy clara en la CCCMM. Así es el caso de la eutrofización de la laguna del Mar Menor por contaminación de sus aguas; o los efectos de los fuertes aguaceros con evidentes pérdidas económicas y humanas, así como las inundaciones, teniendo muy presentes las de diciembre de 2016 en la Ribera del Mar Menor, afectando especialmente a Los Alcázares y San Javier.

A continuación se describen los impactos más importantes que el sellado del suelo está produciendo en la CCCMM, destacando las inundaciones como uno de los impactos más negativos.

4.1.1. Aumento de las escorrentías, avenidas e inundaciones

El sellado de los suelos, desata toda una serie de efectos negativos derivados entre los que destaca el aumento de las inundaciones. La desnaturalización del suelo por este proceso de compactación a veces, natural, y más frecuentemente, antrópico, provoca un cambio drástico e irreversible en sus propiedades físico químicas que, por lo general, disminuye su capacidad de infiltración. Por tanto, un aumento sustancial del sellado en un contexto físico donde la intensidad de las precipitaciones sea elevada, acelera de forma dramática los procesos de escorrentía. En cuencas hidrográficas donde se combina lo anterior junto a un coeficiente de compacidad reducido, desniveles entre cabecera y desembocadura bajos, cobertura vegetal rala, y naturaleza del roquedo impermeable, el tiempo de concentración es reducido y, por ende, la zona inundable ocupada por la avenida es mayor. Se trata de un inconveniente de tipo físico que, si consideramos al factor climático estable en cuanto a la serie de episodios de lluvia de fuerte intensidad horaria, podemos aislar al sellado como principal detonante del problema de las inundaciones.

El número de trabajos que abordan el proceso anteriormente descrito ha ido aumentando de forma exponencial. Las escalas espaciales y las metodologías empleadas son diversas, a nivel internacional destacan: en China, Weng (2001) quien modelizó los efectos del crecimiento urbano en la escorrentía por medio de uso de sensores remotos, consiguiendo evaluar el grado de influencia del sellado en el aumento de la escorrentía; en Chile, Henríquez et al. (2000), abundan en el análisis del cambio de usos del suelo y

los cambios producidos por lo anterior en la escorrentía superficial; Austria, Nestroy et al. (2006) estudian de forma general las consecuencias del sellado del suelo, y entre ellas, la de las inundaciones; al oeste de Australia, en la cuenca del río Sur, Barron et al. (2011) analizan como la urbanización disminuye la infiltración y se incrementa la escorrentía y el riesgo de inundaciones; en Italia, de forma más específica Pistocchi et al. (2015) señalan al sellado de suelo como el factor determinante en el aumento significativo del riesgo de inundación en cuencas de drenaje secundarias que vierten sus aguas a las Llanuras de Emilia Romagna.

En lo que se refiere al ámbito nacional, los trabajos sobre el proceso de sellado y su relación con las avenidas e inundaciones, aunque con mayor lentitud que los internacionales, vienen creciendo en importancia y número, y cada vez son más los investigadores que prestan atención especial a este desequilibrio entre la relación hombre y medio. Entre ellos destacan: García y Rodríguez (2011), los cuales aplican el tratamiento de imágenes de satélite (Landsat) para evaluar el sellado en Fluvisoles en la Comunidad de Madrid; en la misma autonomía Pérez y García (2013 y 2016) profundizan en la cuenca del río Guadarrama sobre estas cuestiones; por último, en la Región de Murcia, Pérez et al. (2016), analizaron con detalle la evolución del sellado para un periodo de más de sesenta años en el litoral levantino de dicha comunidad y como eso ha tenido que ver en el aumento en el número de episodios de inundación en las poblaciones costeras.

En términos generales, la relación entre sellado e inundaciones parece cada vez más estrecha. Así lo concretan todos los trabajos mencionados hasta el momento. En ellos se pone de relieve que la ocupación intensa de ciertos espacios como el del área de estudio evidencia esta correlación positiva a todas luces problemática y que merece una atención inmediata para la mitigación de los impactos generados en materia de pérdidas económicas y vidas humanas asociadas a las inundaciones.

La importancia del sellado del suelo y su relación con el aumento en los episodios de inundación en el área de estudio

Una prueba importante de la correlación positiva del aumento de lo construido y las inundaciones la encontramos en las series de episodios y pérdidas de los municipios que forman parte del área de estudio. En ellos, la exposición y el número de inundaciones han ascendido paralelamente y de forma exponencial para el periodo 1960-2013 (Gil-Guirado et al., 2014) (Figura 4.55). Entendemos exposición como la población y el valor de los bienes en riesgo de inundación (Kron, 2005; IPCC, 2014). Es decir, a pesar de las

costosas inversiones en prevención y protección contra el riesgo de inundaciones, los daños económicos causados por las lluvias torrenciales siguen experimentando una tendencia creciente como así se muestra en la tabla 4.12, en donde se han recogido los episodios más destacados ocurridos en la comarca analizada en esta tesis.

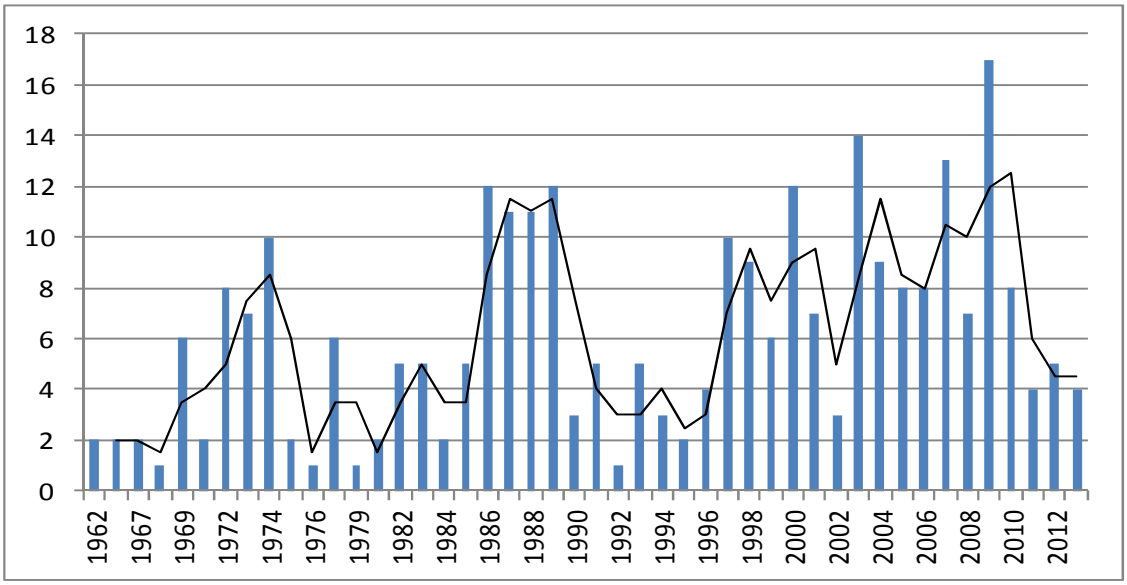


Figura 4.55. Número de inundaciones y media móvil cada dos años.
Fuente: Gil-Guirado et al., 2014).

Tabla 4.15. : Relación de inundaciones y precipitaciones extremas en la Comarca del Campo de Cartagena-Mar Menor desde el S.XVIII.

Fecha	Descripción
28/10/1704	En Cartagena, cayó tal tormenta que las aguas de la rambla de Benipila colmaron el Almarjal e invadieron la ciudad con una altura de hasta cuatro varas, anegando del todo el barrio de San Roque, donde algunas personas perecieron.
09/1858	La rambla de Benipila inundó la ciudad de Cartagena.
11/1869	Las ramblas de Cartagena, especialmente la de Benipila, se salieron de madre y anegaron las tierras ribereñas, se calmó el Almarjal y en la ciudad se inundaron las calles, siendo preciso evacuar varios enfermos por temor de la ruina de sus casas.
20/09/1885	En Cartagena las aguas entraron en la Iglesia de Santa Lucía, donde alcanzaron la altura de un metro.
11/1889	Fuerte tormenta sobre los campos de Cartagena. En Cartagena la lluvia fue torrencial e importante; muchas casas se inundaron. La rambla del Ladrillar se desbordó causando daños en los terrenos colindantes.
19/09/1908	Avenida del rio Segura, Mula, Guadalentín y rambla de Benipila. Entre las zonas afectadas se encuentra el Campo de Cartagena.
29/09/1919	Riada de San Jerónimo / San Miguel. Conocida en Cartagena como La gran Riada.
11/09/1941	Ramblas del Hondón y del Campo de Cartagena. Las aguas se desbordaron e inundaron varias calles del barrio de Santa Lucía, en Cartagena. La zona del Almarjal se convirtió en una gran laguna. En la población del Algar, las aguas

Fecha	Descripción
	desbordadas de las ramblas inundaron la plaza del Hondón. En la localidad costera de los Nietos fueron arrasadas doce casas por la avalancha de las aguas.
12/10/1951	Precipitaciones intensas que afectaron al río Segura y Ramblas de Cartagena.
03/10/1953	Precipitaciones intensas que afectaron al campo de Cartagena.
20/10/1953	Precipitaciones intensas que afectaron al campo de Cartagena. En la población de Torrepacheco el agua llegó a alcanzar el tejado de las viviendas.
21/12/1954	Precipitaciones intensas que afectaron al campo de Cartagena y salieron varias ramblas.
19/10/1972	Precipitaciones intensas que afectaron a varias ramblas del campo de Cartagena.
12/10/1986	Las zonas más castigadas fueron las costeras, ya que las ramblas que vierten al mar arrasaron todo lo que encontraron a su paso: puentes, carreteras, casas, plantaciones. Las conducciones del postrasvase Tajo-Segura resultaron seriamente dañadas, especialmente en los sectores regables del campo de Cartagena. En San Javier se midieron 270 l/m^2 en 21 horas.
04/11/1987	Los días 4 y 5, se produjeron lluvias generalizadas y muy intensas que afectaron fundamentalmente a la Vega Baja y al Campo de Cartagena - Mar Menor. Los daños fueron cuantiosos en el Campo de Cartagena - Mar Menor, y se vio afectada la práctica totalidad de la infraestructura del trasvase Tajo-Segura. Las inundaciones producidas en el Campo de Cartagena - Mar Menor, pusieron de manifiesto la importancia de respetar tos drenajes, cuando se realizan aterrazamientos o acondicionamientos de tierras para el cultivo, o cualquier otro tipo de obra de infraestructura vial o urbana (Romero Díaz y Maurandi Guirado, 2010). Se registraron 400 mm en San Javier.
05/09/1989	Precipitaciones intensas como los 130 l/m^2 registrados en San Javier hicieron que salieran numerosas ramblas. En la zona costera, las ramblas que vierten al mar causaron numerosos daños en agricultura, infraestructuras y núcleos urbanos.
01/10/1997	Este episodio lluvioso registró 97 l/m^2 en San Javier y 122 l/m^2 en Cartagena con crecidas de ramblas y numerosos daños.
23/10/2000	En esta fecha circuló gran cantidad de agua por la Rambla del Albujón y Benipila, produciendo desbordamientos.
04/10/2007	En San Pedro y San Javier se registraron inundaciones en calles y sótanos.
28/09/2009	Consecuencia de las intensas y cuantiosas precipitaciones fue el desbordamiento de gran número de ramblas, como la de La Maraña. Varios centros educativos se vieron obligados a suspender las clases y Los Alcázares fueron desalojadas cien personas por la rotura de un dique ocasionado por la crecida de la Rambla del Albujón. Torrepacheco se vio también muy afectado.
13/08/2010	En la comarca del Mar Menor se desbordó una rambla situada en las cercanías del parque de las Peñas Huertanas.
18/11/2011	Las consecuencias más significativas de las precipitaciones del día 18 fueron las inundaciones que tuvieron lugar en San Pedro del Pinatar y San Javier, donde el agua llegó a alcanzar una altura en las calles de casi medio metro, dejando incomunicados a muchos vecinos y produciendo grandes pérdidas económicas a los propietarios de comercios y coches, y a aquellos que vieron como el agua entraba en sus casas y sótanos.
28/09/2012	Consecuencias en Lorca y Puerto Lumbreras muy graves, pero los efectos de

Fecha	Descripción
	este episodio lluvioso también se hicieron notar en el Campo de Cartagena-Mar Menor con inundaciones.
19/12/2016	Inundaciones desastrosas en la Comarca del Mar Menor, en especial en Los Alcázares, San Javier y San Pedro. En Los Alcázares hubo 6.000 afectados y enormes pérdidas en la agricultura de la comarca. Las inundaciones hicieron necesaria la actuación de la Unidad Militar de Emergencias (UME). Los valores totales de precipitación en este temporal alcanzaron en la zona 230 mm.

Fuente: elaboración propia, Romero Díaz y Maurandi Guirado (2000); Romero Díaz (2007); Castejón Porcel et al. (2014) y **(14) (15)**.

Evidenciado ese aumento de las inundaciones que causaron algún daño en la CCCMM y de acuerdo a la suposición de que esta tendencia pueda venir más justificada por una acentuación en la actividad constructiva, conviene centrar la atención en lo acontecido en términos de construcción (parcelas catastrales) sobre las zonas inundables de los diferentes periodos de retornos recogidos en el Sistemas Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. De acuerdo a los datos calculados y recogidos en la tabla 4.13, la superficie urbanizada en ámbitos potencialmente afectables por las inundaciones, ha ido experimentando un crecimiento acumulado continuo en este litoral de la Región de Murcia, que supera las 13.778 edificaciones y un total de 8.504.614,779 m² (PR500). En cifras relativas los resultados son verdaderamente alarmantes. Las parcelas catastrales representan el 29,9% con respecto al total de lo construido, y su superficie expuesta el 18,8%. Si nos fijamos en la figura 4.56 llama incluso más la atención que el aumento de las parcelas urbanas en áreas propensas a experimentar inundaciones ha sido mayor porcentualmente en la zonas inundables del PR10, precisamente, la más comúnmente afectada. Se trata de un dato que resulta de un comportamiento habitual en un ámbito geográfico donde la red hidrográfica está compuesta en su mayoría por ramblas y barrancos que de forma natural permanecen secos durante largos períodos de tiempo, lo que contribuye a una baja percepción del peligro de inundación (Llasat et al., 2008).

Tabla 4.16: Superficie y número de edificaciones construidas y expuestas a inundaciones PR500

No expuestas		Expuestas (PR500)				TOTAL	
Edifi,	Área (m^2)	Edifi,	% (total=100)	Área (m^2)	% (total=100)	Edifi,	Área (m^2)
32.182	36.689.905,821	13.778	29,9	8.504.614,779	18,8	45.960	45.194.520,6

Desafortunadamente, estas características físicas han invitado desde siempre a ocupar las márgenes más próximas a los lechos de inundación, e incluso a instalar las edificaciones directamente en el fondo de esos cauces fluviales y desdibujar por completo el trazado original de los mismos (Belmonte Serrato et al., 2011b). Esta forma de expansión urbana delata una grave situación de negligencia por parte de las administraciones regionales, locales y el organismo gestor de cuenca al haber permitido este tipo de usos en zonas de inundación frecuente (Figura 4.57 y 4.58)

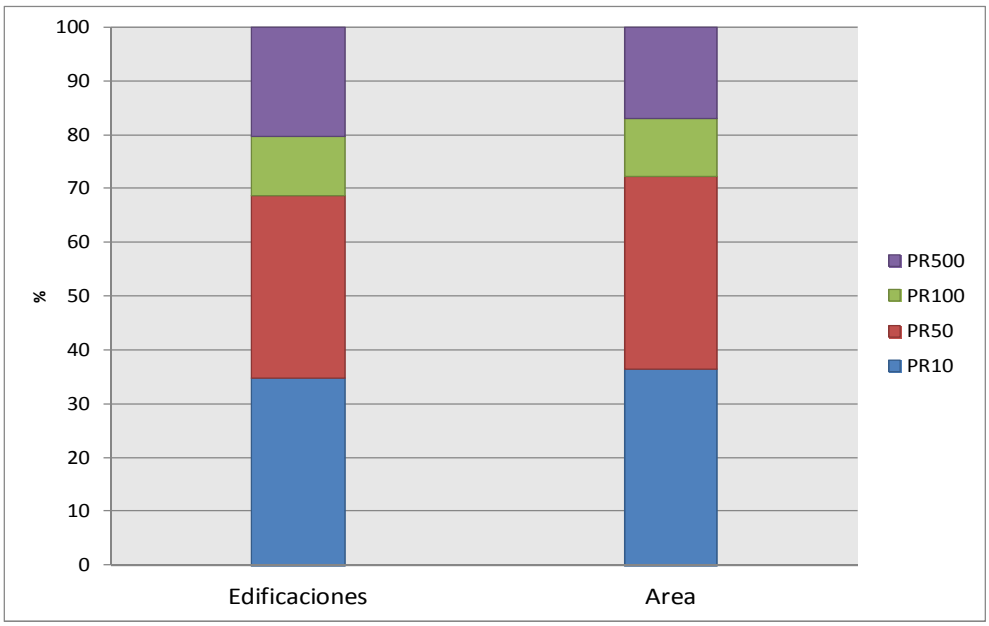


Figura 4.56: Porcentaje construido en edificaciones y superficies por periodo de retorno.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Catastro.

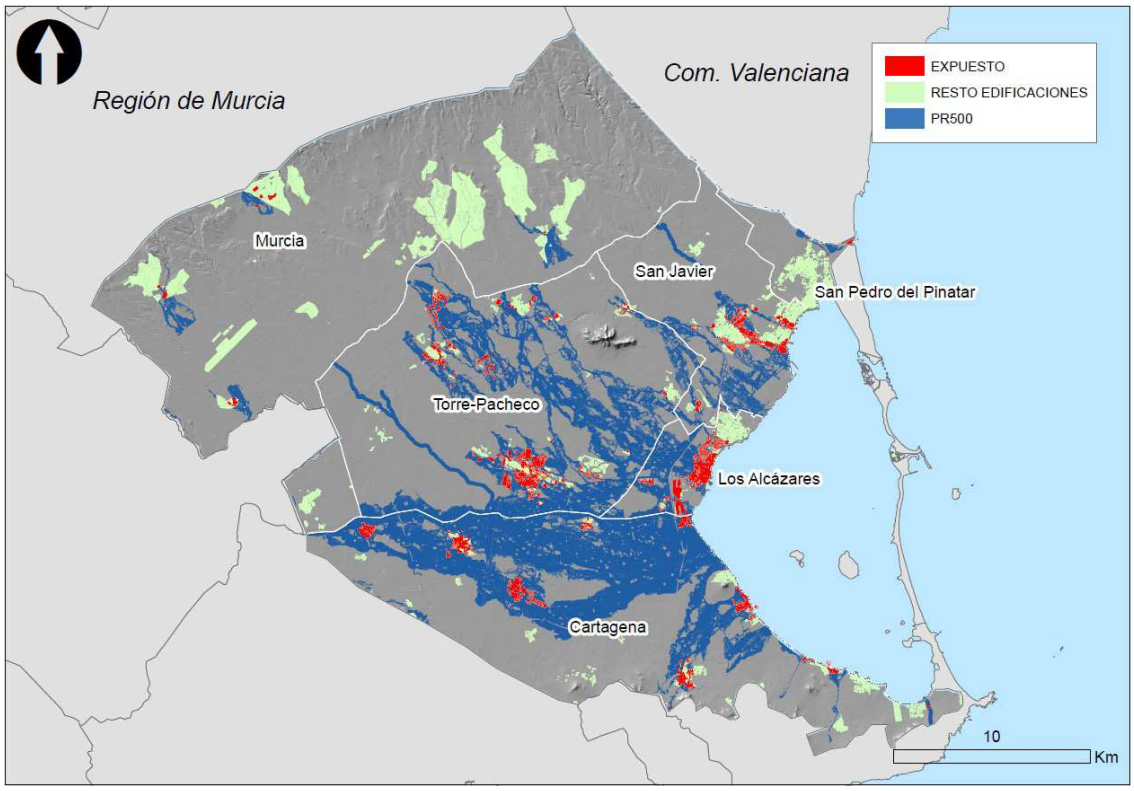


Figura 4.57. Superficie urbanizada en la CCCMM y expuesta a la zona inundable PR500. Fuente: Elaboración propia



Figura 4.58, Ejemplo de urbanización en zona de Inundación. (Santa Rosalía. Torre Pacheco). Fuente: elaboración propia. (Septiembre de 2014)

Si desglosamos la información municipal (Figuras 4.59 4.60) los resultados absolutos, obviamente, concuerdan con la porción superficial de cada municipio en el área de estudio. En algunos como Torre-Pacheco, de un lado, estarían las viviendas que de forma tradicional han ido ocupando el campo para el aprovechamiento agrario y, de otro, los nuevos crecimientos urbanísticos asociados al fenómeno turístico de los resort. En ambos casos, un número importante de las edificaciones son afectadas potencialmente por las inundaciones debido a un efecto combinado de: el sellado y su repercusión sobre el aumento de la escorrentía y superficie inundable. La alteración profunda del trazado de la red de drenaje hasta el extremo (en algunos casos) de su desaparición o desvanecimiento, siendo ocupados, aumenta la exposición por falta de percepción del riesgo.

Los casos concretos son numerosos y se repiten a lo largo de los diferentes tramos de los cursos fluviales del área de estudio. Los más evidentes se sitúan en los tramos medios y bajos (Figura 4.61) próximos a la desembocadura, donde la presión urbanística es más intensa. Por citar alguno especialmente problemático al haber sido usurpado gran parte de su trazado sería el de la rambla del Albujón, por haber sido modificado y ocupado su trazado natural y su desembocadura en el Mar Menor, lo que se traduce en un aumento de la superficie inundable.

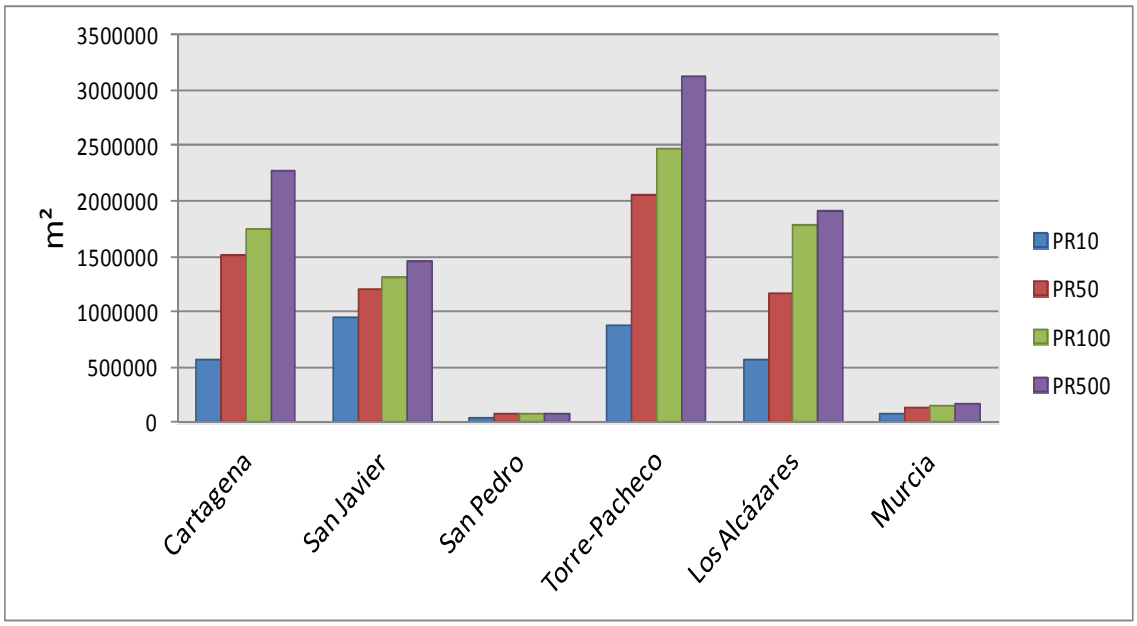


Figura 4.59Superficie (m^2) construida en zona inundable por período de retorno
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Catastro.

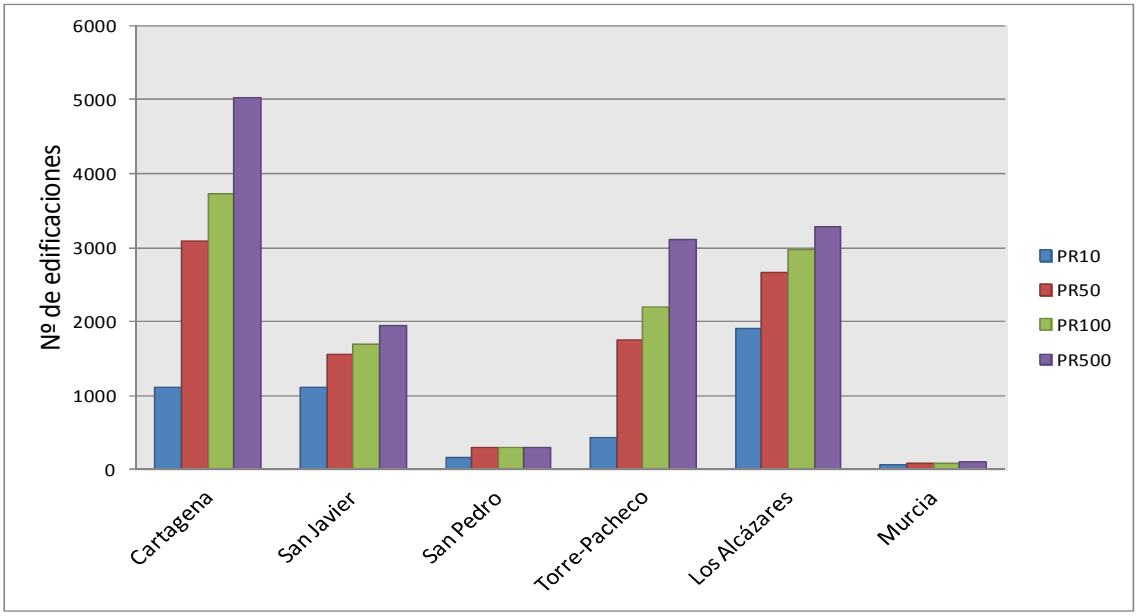


Figura 4.60 Número de edificaciones construidas en zona inundable por período de retorno
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Catastro.



Figura 4.61: Desbordamiento del tramo medio de un cauce de rambla, en Dolores de Pacheco, por ocupación de una carretera. Fuente: Elaboración propia. (Septiembre de 2014)

En la figura 4.62, aparece representada la superficie construida en la zona inundable del período de retorno 50 en términos porcentuales. En ella se observa como entre los municipios de Cartagena, Torre-Pacheco, San Javier y Los Alcázares, se dividen casi la totalidad de lo construido, hasta el momento, en zona inundable. Lo anterior es fácilmente explicable porque San Pedro del Pinatar se ubica sobre una zona topográficamente

elevada del resto que la mantiene alejada de zonas potencialmente inundable, y en cuanto a Murcia, debido a que la superficie de este municipio que corresponde a la comarca, se localiza en la cabecera de la red drenaje del área de estudio y los fenómenos de desbordamiento y avenida no alcanzan superficies considerables, como así sucede con los municipios aguas abajo.

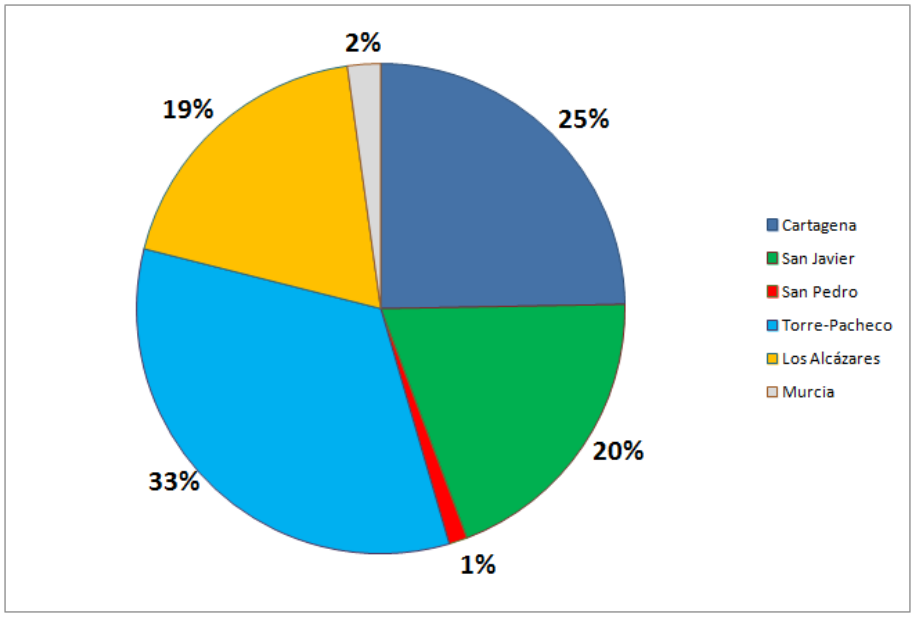


Figura 4.62. Distribución porcentual de la superficie construida en zona inundable para PR50
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Catastro.

Por último, desde un punto de vista espacial, el resultado de este proceso de expansión urbana en ámbitos inundables se ha traducido en la sucesiva integración en el callejero urbano de cursos fluviales y, como consecuencia, en el incremento progresivo de la exposición y el riesgo de inundación tal y como se evidencia en las figuras 4.63 y 4.64.

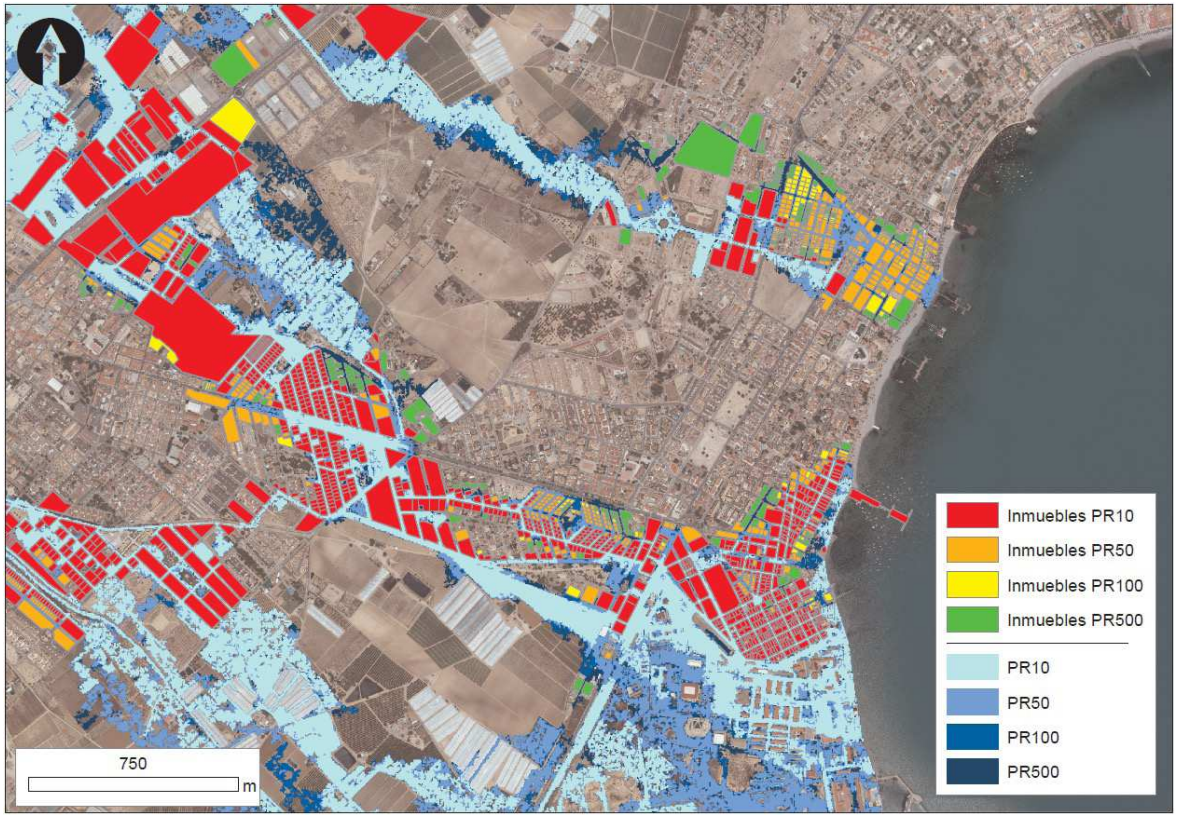


Figura 4.63. Edificaciones y superficie inundable según diferentes períodos de retorno en San Javier. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Catastro.

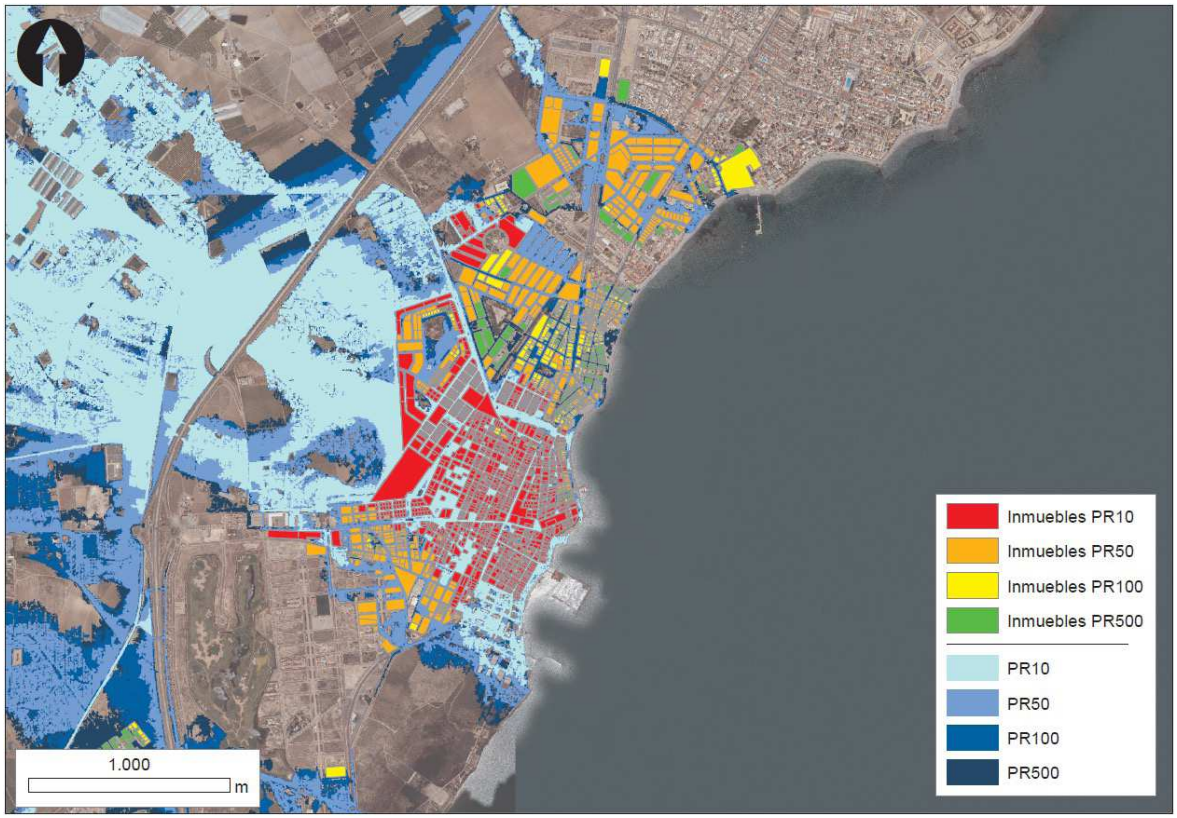


Figura 4.64. Inmuebles y superficie inundable según diferentes períodos de retorno en Los Alcázares
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Catastro.

Evolución de la exposición al peligro de inundación. ¿Aumento de la exposición, de la superficie afectada por zonas inundables o combinación de ambas?

Los cambios socioeconómicos experimentados en España en las últimas cuatro décadas han tenido una especial repercusión sobre el territorio. Lo que podría haber sido una etapa de máximo crecimiento para haber forjado un buen modelo de desarrollo organizado, se hizo prácticamente al contrario, y los problemas e impactos, en lo que se refiere al medio natural, han ido apareciendo de forma progresiva. Este proceso fue especialmente intenso y acusado en el ámbito litoral, donde el crecimiento urbano reciente ha sido calificado como un auténtico "tsunami urbanizador" (Gaja, 2008). De acuerdo a los resultados obtenidos en nuestro análisis, desde 1975, fecha de inicio de la transición democrática, el espacio urbanizado (Figura 4.65) y el número de inmuebles que ocupan cada una de las zonas inundables (Figura 4.66) para los periodos de retorno estudiados (10, 50, 100 y 500 años) ha ido experimentando un crecimiento acumulado continuo en el área de estudio.

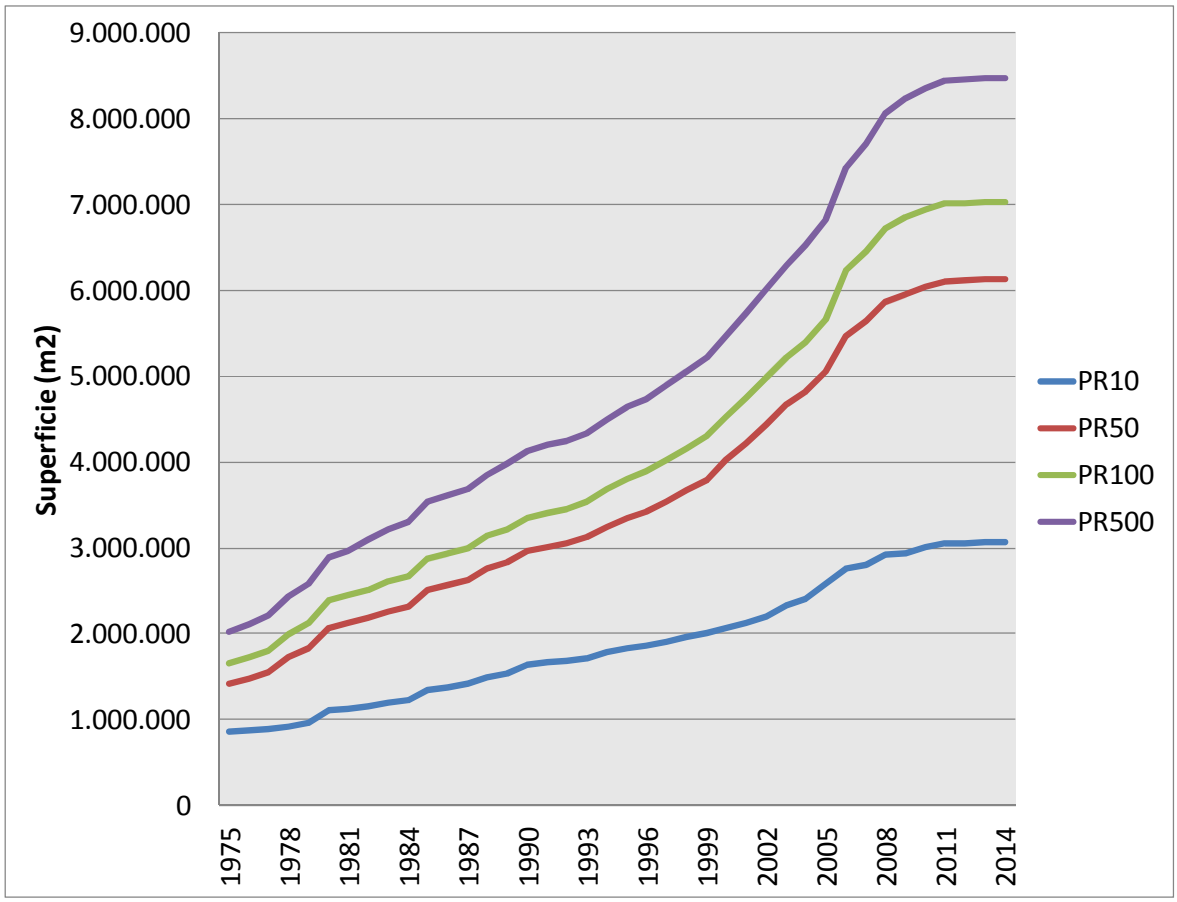


Figura 4.65. Curva de saturación de la superficie en zona inundable para los periodos de retorno 10, 50, 100 y 500 (1975-2014). Fuente elaboración propia.

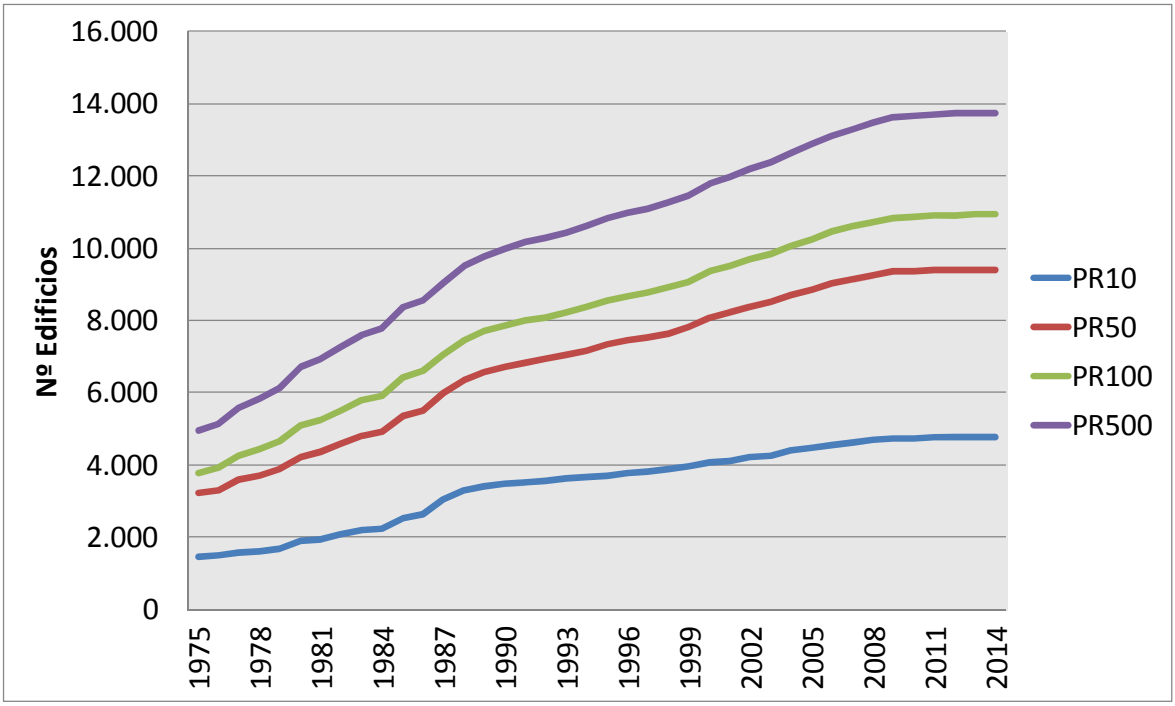


Figura 4.66. Curva de saturación del número de edificios construidos en zona inundable para los periodos de retorno 10, 50, 100 y 500 (1975-2014). Fuente elaboración propia.

En cifras relativas, para el periodo analizado el incremento de las parcelas urbanas es del 202% (<1975=100), lo que supone una tasa de crecimiento anual del 5,05%. Sin embargo, llama la atención que esa expansión de las parcelas urbanas en áreas propensas a experimentar inundaciones ha sido mayor que el experimentado en áreas no inundables (196%). En lo que se refiere a la superficie ocupada por edificaciones en terrenos expuestos, los valores de incremento son sensiblemente inferiores (346,2%) con respecto a lo que ha sucedido en zonas no expuestas (414%). En cualquier caso no dejan de ser números muy elevados que dan una idea del proceso acelerado de expansión urbanística y de la laxitud en la aplicación o generación de normativas de mitigación del riesgo de inundación.

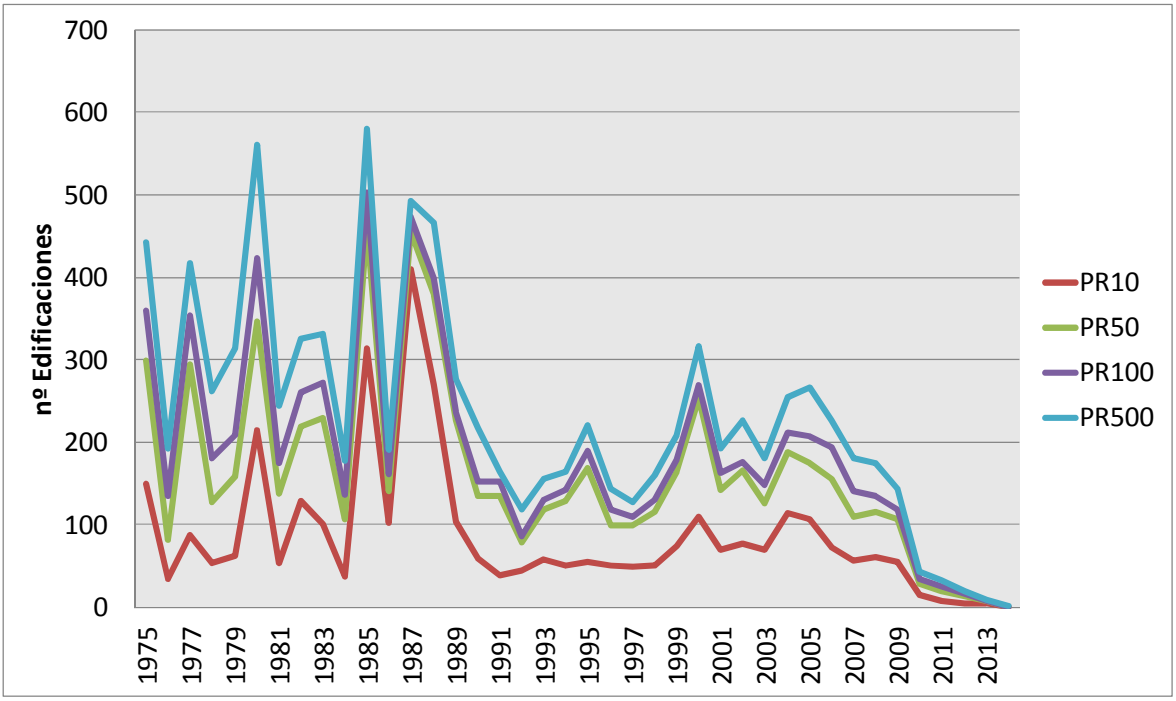


Figura 4.67. Evolución del número de edificios construidos en zona inundable de los periodos de retorno 10, 50, 100 y 500 (1975-2013)

Si se analiza el fenómeno en detalle, la figura 4.67 nos permite distinguir dos periodos bien diferenciados, 1975-1992 y 1993-2014. El primero viene precedido por la primera crisis del petróleo en 1973. Pese a la fuerte repercusión que tuvo este acontecimiento y que llevó, en términos globales, a un estancamiento de la economía española durante una década, en el ámbito espacial estudiado, sus efectos sobre la actividad inmobiliaria fueron efímeros, fruto de las necesidades habitacionales de una población creciente, junto con la expansión de las viviendas para un sector turístico en continuo auge. De esta manera, a partir de 1977 el desarrollo urbano en espacio inundable y no inundable fue intenso. Las causas principales de esta nueva dinámica habría que buscarlas en los cambios que introdujo la mencionada crisis en el modelo económico español, con la paulatina terciarización de la economía regional y la progresiva importancia en el PIB estatal del sector servicios (Prados de la Escosura y Sanz, 1996). Este proceso tuvo especial influencia en las regiones y municipios turísticos como los del área de estudio, ya que ejerció, junto a la entrada de España en la Unión Europea en 1986, un efecto llamada de la población atraída por el impulso de esas actividades (Harrison, 2006), principalmente el turismo. Esta situación propició que entre 1975 y 1992, se construyeran un total de 32.426 nuevos inmuebles, de los cuales 5.772 (17,8%) fueron levantados en zona inundable (Figura 4.67)

El año 1992 marca el inicio de otra gran crisis económica (Prados de la Escosura y Sanz, 1996) y pone fin al primer periodo que, no obstante, había empezado a mostrar signos de agotamiento a mediados de los años ochenta del siglo XX. Además de a factores económicos, este cambio pudo deberse a la aplicación de las primeras medidas efectivas de mitigación del riesgo por los municipios litorales españoles. Estas actuaciones de gran calado estructural fueron un reclamo de la opinión pública debido a que durante la década de los años ochenta del pasado siglo fueron especialmente abundantes los episodios catastróficos de inundación en el litoral mediterráneo español.

La superación de la crisis económica que afectó a España en 1993 y que redujo la actividad inmobiliaria de manera drástica, supuso el inicio progresivo del segundo periodo de irrupción, que ha sido el que ha terminado por saturar el espacio inundable en algunos municipios estudiados. Entre los años 1994 y 1997 se inicia un nuevo repunte, pero es sobre todo a partir de 1998 cuando se desató otra etapa de construcción desaforada de edificaciones que, lejos de respetar el límite de los cauces volvió a contribuir a la acumulación, tanto de edificios como de superficie ocupada en zonas inundables. Tan sólo entre 1998 y 2006, se levantaron 2.031 nuevas edificaciones, con una tasa anual de edificación en zona inundable y no inundable con valores similares a los anterior “boom” de la vivienda y que situaron a España a la cabeza de Europa por este concepto (Burriel, 2008). Entre las causas que ayudan a entender la magnitud del fenómeno destaca la propia liberalización del proceso urbanizador experimentado con la aprobación estatal de la Ley del Suelo y de algunas leyes autonómicas y municipales del suelo en el ámbito mediterráneo (Jiménez, 2009). En algunos municipios del litoral cercano a la comarca de estudio (e.j. Torrevieja) la promoción de suelo para su urbanización agotó, prácticamente, este recurso en apenas 15 años. De otro lado, la demanda de viviendas para residencias de inmigrantes europeos fue creciente en el área de estudio, en un contexto de bonanza económica en Europa en esos años. Se trata de un grupo poblacional que, atraído por las condiciones climáticas invernales de las tierras mediterráneas y, sobre todo, una coyuntura económica ventajosa en cuanto a los bajos tipos de interés en los préstamos hipotecarios en España (se pasó del 16,6% en diciembre de 1990 al 4,2% a mediados de 2006, con valores mínimos del 3,19 en agosto de 2005) llegaron de forma masiva al mediterráneo español para adquirir segundas residencias.

De acuerdo a todo lo comentado, la relación entre aumento de inundaciones, exposición y sellado parece lógica. Aún así, conviene matizar algunos aspectos: La superficie que ha experimentado ese sellado se ha realizado, en gran parte, directamente sobre los lechos de inundación de los principales colectores fluviales del área de estudio. En

consecuencia, el proceso de artificialización, tanto en lo que respecta a lo que se cubre con asfalto como lo que se expone al peligro, es probable que haya provocado un aumento significativo de las superficies inundables y de lo expuesto al mismo, de forma acompasada. Destaca lo acontecido en ámbitos municipales como Torre-Pacheco, San Javier y Los Álcazares, por orden de importancia. En todos ellos, el mapa de peligro señala un tipo de desagüe de la avenida difuso motivado por una desconfiguración acusada de los límites correspondientes al cauce ordinario de ramblas como Maraña o el Albujón. En estos cauces, las desembocaduras o tramos finales que han sido medianamente respetados, aparecen integrados de forma forzada en el callejero con solución de continuidad.

Teniendo en cuenta lo hasta ahora comentado y considerando que, hasta el momento, no resulta concluyente el aumento natural de los episodios de precipitación susceptibles de provocar inundaciones (Benito et al., 2005; Turco y Llasat, 2011; Gallego et al., 2011; Benito y Machado, 2012), consideramos que el aumento del riesgo de inundación en el período y ámbito geográfico analizado, se debe más a la acentuación de la vulnerabilidad y la exposición, que a un aumento de la peligrosidad, tal y como señalan los modelos climáticos para las próximas décadas del presente siglo. Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con los que ya en su día apuntaban la Directiva Europea (EC, 2007) y Jiménez et al. (2013), que señalan al incremento de los asentamientos humanos y los bienes económicos en las llanuras aluviales como uno de los factores principales que han contribuido a elevar las probabilidades de inundaciones en el mundo, así como su impacto negativo. Coinciden estos resultados, además, con los obtenidos en otros ámbitos de Europa (Jongman et al., 2014) y con estudios que han manejado el análisis del usos del suelo (Rojas et al., 2013; Früh-Müller et al., 2014; Pérez-Morales et al., 2015). Si bien, merece la pena destacar que los valores de crecimiento del litoral sureste español son muy superiores, en línea con las cifras nacionales, que superan con creces a las de cualquier país europeo (Burriel, 2008).

La inundación de 19 de Diciembre de 2016 en la CCCMM. Evidencias recientes sobre el sellado del suelo y su relación con las inundaciones

Las excepcionales precipitaciones registradas durante los días 18-19 diciembre de 2016 en todo el sureste peninsular, provocaron también importantes inundaciones en gran parte de nuestra área de estudio. En el caso concreto de los territorios avenados por las ramblas costeras de los municipios de Los Alcázares, San Javier, Cartagena y San Pedro del Pinar, la situación del día 19 fue dramática en algunos puntos, llegando a convertir a

este evento en uno de los de mayor intensidad en su cifras de precipitación y pérdidas de las últimas décadas.

Situación sinóptica. De acuerdo al informe emitido por la AMET días posteriores al episodio de fuertes lluvias, la situación sinóptica se resume de la siguiente forma: el viernes 16 se observaron bajas presiones relativas sobre Andalucía, y escaso gradiente de presión en superficie; al este del continente europeo se localizaba un anticiclón muy con presiones centrales de más de 1036 hPa. Ambos sistemas configuraban un flujo de componente E sobre gran parte del Mediterráneo. En la Región de Murcia, el viento era débil y variable por el escaso gradiente de presión. Entre el viernes y el sábado, se produjo el desplazamiento del anticiclón hacia Centroeuropa; además, se generó una región de bajas presiones al sur de Marruecos provocando un aumento considerable del gradiente de presión en todo el Mediterráneo occidental, incluida la Región de Murcia. Este patrón favoreció la aparición de vientos de componente E con gran recorrido marítimo sobre nuestra área. Durante la tarde del sábado y la mañana del domingo, el gradiente de presión sinóptico continuó muy estacionario manteniéndose el flujo del E con un marcado transporte de humedad. Durante la tarde del domingo, las bajas presiones ubicadas en el norte de África fueron extendiéndose hacia Alborán y la zona de Palos manteniendo el fuerte gradiente bárico sobre el Mediterráneo occidental, aunque con una configuración más favorable a vientos de NE sobre la Región de Murcia. La situación anteriormente descrita se tradujo en importantes valores de precipitación, como así lo reflejan los 239,3 mm caídos en San Javier en el episodio y 47 mm en una hora; o los 229 mm de Cartagena en el episodio y 30 mm en una hora.

Efectos y comportamiento. A primera hora de la mañana del día 16 se registraron chubascos dispersos en el sector analizado. Se recogieron 0,7 l/m² en San Javier, 0,8 l/m² en Cartagena; 2,6 l/m² en Torre-Pacheco. El día 17 el temporal asociado al desplazamiento de la DANA (Depresión Aislada de Niveles Altos) movilizó vientos cargados de humedad de componente sureste, lo que motivó que los registros pluviométricos alcanzados tuvieran una especial incidencia en la vertiente meridional. Destaca la estación de Cartagena con 90,2 l/m². El día 18 y madrugada del 19, el episodio alcanzó su mayor nivel de dinamismo atmosférico en forma de fuertes vientos de componente E durante toda la jornada. Este flujo de aire con humedad relativa alta disparó el gradiente térmico en la vertical del área de estudio con las consiguientes precipitaciones continuadas e intensas durante gran parte del día. Los observatorios del área de estudios alcanzaron las mayores cifras de todo el evento, siendo San Javier, con 166,2 l/m² el que mayor cantidad de agua precipitada registró.

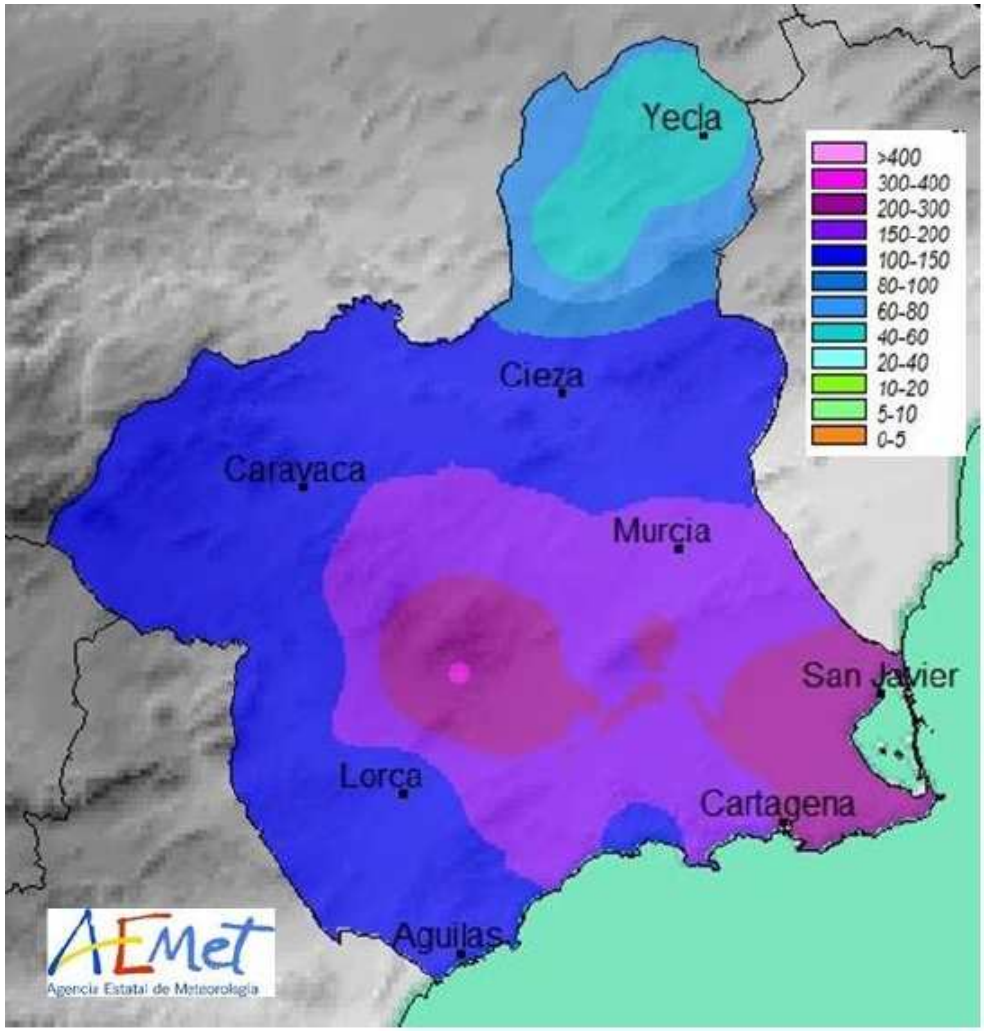


Figura 4.68 Distribución de las precipitaciones los días 16-19 de Diciembre de 2016. Fuente: AEMET.

En el mapa de la figura 4.68 se ve reflejado como en gran parte de la superficie precipitaron cantidades en el intervalo de los 200 a 300 mm. Las intensidades alcanzadas en el frente litoral superaron los 17 mm/10min y 46 mm/h. Valores que superan los umbrales críticos más altos establecidos en el sistema e alertas por emergencias meteorológicas de la AEMET.

En lo que se refiere a la situación hidrológica registrada durante esos días, se puede llegar a afirmar que la zona inundada se ajusta, en gran medida, a lo considerado en las modelizaciones hidrológicas de los periodos de retornos de 100 y 500 años. Las cuencas donde se advierte lo anterior de mejor manera son, precisamente, aquellas que generaron mayores problemas en la fachada litoral. Las ramblas desbordadas de La Maraña, Casas Blancas, La Sala y Cobatillas volcaron hacia los cascos urbanos una avenida con gran cantidad de material en suspensión que bajaron con fuerza a medida

que avanzaba la noche por la zona del polideportivo y el instituto Antonio Menárguez de Los Alcázares hacia el centro urbano (Figuras 4.69 y 4.70), y por el barrio de Los Ríos, El Recuerdo y Cabo Huertas en San Javier.



Figura 4.69. Vista aérea desde un helicóptero de la unidad militar de emergencias del casco urbano de Los Alcázares (19-12-2016). Fuente: EFE/Marcial Guillén-POOL.



Figura 4.70. Vista aérea del casco urbano y playas de los Alcázares (19-12-2016) tras las inundaciones. Fuente: EFE/Marcial Guillén-POOL.

El balance de pérdidas se saldó con dos víctimas mortales y cuantiosos daños económicos. En una valoración general del área de estudio realizada por el gobierno regional de la CARM, se estimaron:

- 5.300 viviendas dañadas, un 30% de toda la costa. Alrededor de 4.100 personas de Los Alcázares, San Javier, San Pedro de Pinatar y Torre Pacheco declararon daños en sus casas, vehículos y establecimientos comerciales por más de 250 millones de euros.
- Más de 10.000 hectáreas de cultivo afectadas con un valor estimado por la Consejería de Agricultura de la CARM de 30 millones de euros en los cultivos, junto a nueve millones de las infraestructuras de saneamiento, redes pluviales y abastecimiento en los municipios del Mar Menor.
- Otros cinco millones correspondieron a los equipamientos educativos; y 4,7 millones a los desperfectos en 74 kilómetros de redes de caminos rurales en el Campo de Cartagena. Sumó igualmente 2,7 millones en infraestructuras sanitarias; y dos millones en reparaciones básicas en la red de carreteras, entre otros.

A falta de una correcta estimación de las pérdidas señaladas para poder compararlas a las de episodios anteriores, se puede aventurar que estaríamos hablando de uno de episodios más importantes de los que se tienen registros en el ámbito de la fachada levantina. Sin embargo, conviene matizar esta información, pues lo que podría parecer un problema creciente en cuanto a la intensidad de esos daños, de acuerdo al catálogo de inundaciones de Gil Guirado et al. (2014) permanece estable e incluso a la baja (Figura 4.71). Por otra parte, lo que sí que se percibe y que podría confirmar el papel desempeñado por el binomio sellado y exposición en cuanto a su contribución al aumento del riesgo de inundación es en la acentuación en la frecuencia de episodios tal y como se advierte en la figura 4.72.

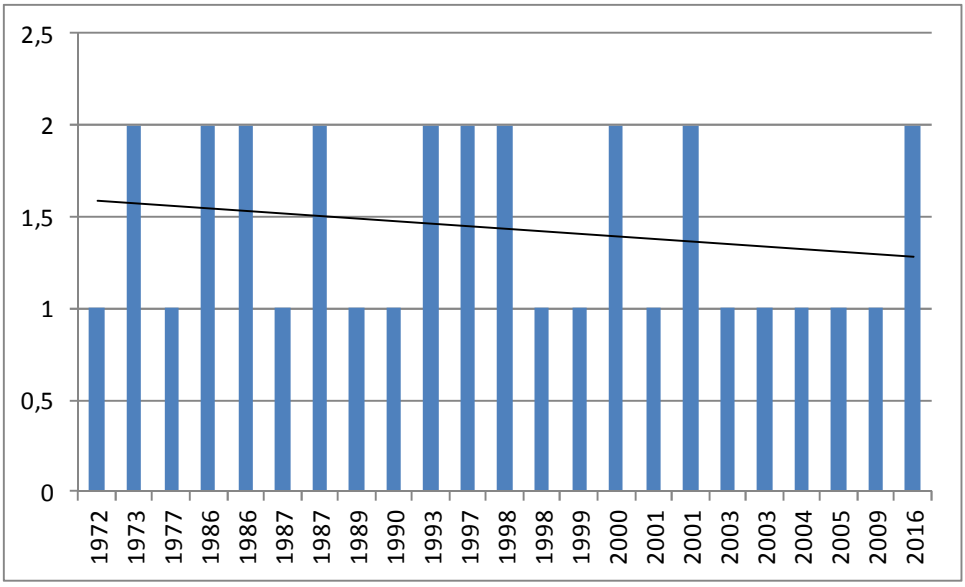


Figura 4.71. Tendencia de la intensidad de daños por episodio de inundación entre 1-3

de acuerdo al criterio de Gil-Guirado et al., (2014) en el municipio de Los Alcázares.

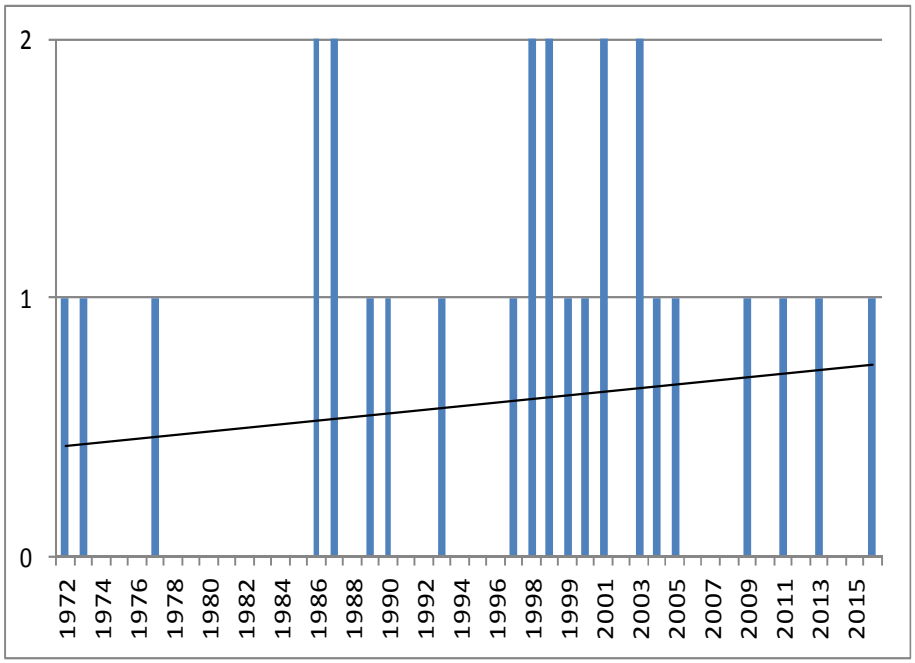


Figura 4.72. Tendencia en la frecuencia absoluta del número de inundaciones acontecidas en el municipio de Los Alcázares.

4.1.2. Perdida del recurso suelo

La ocupación del suelo se debe, fundamentalmente, a la expansión de las ciudades y a la expansión de las zonas urbanas alejadas del núcleo principal de la ciudad (dispersión urbana). Cada proyecto urbanístico precisa abarcar más suelo y dotarlo de más servicios, zonas comerciales y de ocio, aparcamientos, infraestructuras de transporte, etc.

La demanda de niveles de vida más altos, con más viviendas y mejores y más equipamientos, combinada con la falta de una oferta atractiva y asequible de las zonas urbanas y de costa, son el motivo de la expansión de las ciudades y las poblaciones costeras a territorios cada vez mas alejados, lo que ha llevado a los promotores a construir en zonas más alejadas, en busca de suelo más barato. Eso genera una nueva demanda de infraestructuras de transporte, que consumen más recursos naturales y paisaje natural circundante.

En la comarca, la perdida de recurso suelo experimentada en los últimos 50 años ha sido espectacular debido a la evolución que la superficie urbanizada ha tenido en detrimento de la superficie agrícola. Los datos nos muestran como en los periodos que abarcan los años seleccionados para este estudio (1956-1981 y 1981-2011), se observa una perdida de suelo agrícola en el periodo 1956/1981 de 13,6 km², siendo esa perdida de suelo agrícola en el periodo 1981/2011 de 74,8 km², aunque el volumen es mayor si tenemos

en cuenta el periodo 1956/2011 que es de 80,3 km². Si los datos los trasladamos a porcentajes, podemos observar como del 1% por ciento de territorio ocupado en 1956, pasa al 2,7% en 1981, situándose en el 11% en 2011. En los años tomados como referencia en el presente estudio, observamos como el crecimiento de las superficies urbanizadas en detrimento de las agrícolas o naturales son verdaderamente considerables en el periodo 1956-1981, pero muy sobresalientes los 30 años siguientes del periodo 1981-2011.

Por municipios, casi todos los municipios muestran en cuanto a desarrollo constructivo y urbanizador una dinámica muy parecida, siendo constatable la impresionante variación ocurrida entre los años 1981 y 2011 para todos los municipios estudiados. El municipio que más superficie agrícola ha perdido en favor de la construida en el área de estudio es Murcia, seguido de Cartagena y Torre Pacheco. Debemos hacer constar que la perdida de suelos agrícolas es una constante de la que se nutre la expansión urbana, siendo en la mayoría de los casos tierras de labor de muy buenas características agrarias, lo que en el futuro podría constituir un peligro para la sostenibilidad económica.

Atendiendo al tamaño o extensión del término municipal, son principalmente aquellos municipios más pequeños inscritos dentro del área de estudio los que más destacan en superficie construida (Los Alcázares y San Pedro del Pinatar). Los Alcázares con casi un 40% de superficie municipal urbanizada y en San Pedro con el 27%. En el segundo caso (San Pedro del Pinatar, hay que decir que no se ha tenido en cuenta la superficie correspondiente a el “Parque regional de salinas y arenales de San Pedro”, por lo que su porcentaje de superficie sellada sería bastante mayor.

En cuanto al área del municipio de Murcia inscrito en la comarca del Mar Menor, (debido a su amplia extensión de terreno), es la que menos porcentaje de superficie urbanizada posee en los años 1956 y 1981, aunque desde 1981 y hasta el año 2011, su índice urbanizador es desmesurado, como consecuencia del desarrollo de Campos de golf asociados a resort y en algunos casos a nuevas urbanizaciones que recientemente se han sido instaladas allí, también a costa de terrenos agrícolas.

Pero donde verdaderamente se ha perdido suelo agrícola y se han desarrollado las poblaciones ha sido en las riberas del Mar Menor, donde casi un 70% de su litoral posee algún tipo de construcción. Tomando en consideración como urbanizado, el área del aeropuerto de San Javier y la construcción de una segunda pista hace pocos años, hace

que en materia constructiva, San Pedro del Pinatar, San Javier y los Alcázares estén urbanísticamente unidas.

Esta construcción de las riberas de la laguna hace que los cauces de las ramblas queden difuminados por ocupación antrópica de sus líneas de costa (Figura 4.73) y en los episodios de lluvias torrenciales generen grandes pérdidas económicas y, en algunos, casos humanas.

La pérdida de suelo agrícola en la comarca, salvando las diferencias lógicas, nos pueden adelantar lo ocurrido en la llanura Emilia-Romagna, una de las zonas más productivas de Italia. Donde más de quince mil hectáreas de tierras de cultivo fueron urbanizadas en un periodo de 6 años, lo que implicó una pérdida de potencial agrícola de más de 440.000 personas por día. Teniendo en cuenta que Italia ya no es autosuficiente en la producción de alimentos, estos datos son muy significativos. Demostrando que la urbanización y el sellado del suelos impiden de esta manera la sostenibilidad ambiental, tanto a escala local como a una escala más amplia, esto supone una mayor consumo de fondos públicos, el cambio en el uso de la tierra es un ejemplo para abordar la gestión de los suelos productivos como un recurso finito tal y como demuestra (Malucelli, 2014), siendo esta transformación de los paisajes agrícolas una amenaza real para la sostenibilidad ambiental y alimentaria (Shiliang, 2011).

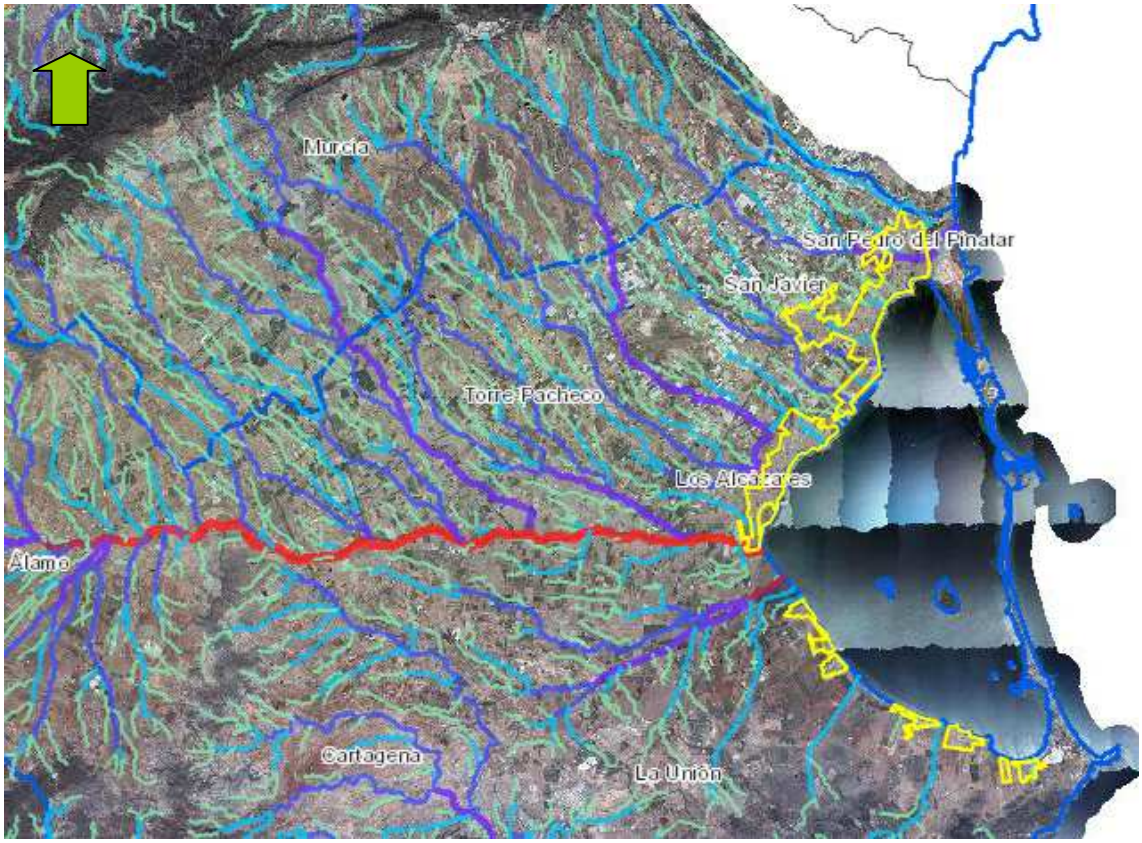


Figura. 4.73. Desembocadura de las ramblas y su interceptación por los núcleos poblacionales. Escala aproximada 1:300000. Fuente: elaboración propia.

Un ejemplo más cercano y parecido en su desarrollo y resultados nos lo aporta Navarro Pedreño et al. (2012), quienes nos muestran el caso de ocupación del territorio en el municipio de Elche. Esta ciudad en su dispersión urbana supuso la ocupación de áreas de suelo agrícola altamente productivas y la urbanización de la franja litoral. Los suelos con alta capacidad de uso agrícola fueron los más severamente afectados por el sellado del suelo de lo que se desprende la necesidad de considerar en la planificación territorial medidas para minimizar el impacto del sellado del suelo en las zonas agrícolas y/o naturales con la finalidad de garantizar la funcionalidad ambiental del suelo y la producción de alimentos.

Por otro lado la ocupación de superficie agrícola por urbanización influye en la calidad de los suelos de las zonas vecinas afectando a su productividad (Salvatti, 2013). Además de ser el agente generador de desertificación más importante, pues existe el riesgo cierto de que las necesidades de la población no se puedan llegar a cubrir, generando problemas económicos, sociales y ambientales (Barbero Sierra, 2013)

4.1.3. El caso particular de los resorts y campos de golf.

Las urbanizaciones tipo resort, que suelen llevar asociados campos de golf, constituyen un sellado de suelo de menor intensidad que otros tipo de construcciones, pero por su alta presencia en la comarca, el número de casas construido en cada resort y los impactos que estos producen, hemos considerado necesario incluirlos en el estudio.

En las últimas décadas, en la costa mediterránea de España en general, y más concretamente en la de Región de Murcia, se ha producido un crecimiento espectacular de las actividades agrícolas y turísticas que han implicado aumentos considerables en el gasto de agua. A esto se debe añadir los consumos del golf y actividades paralelas (Figura 4.74).

Desde el punto de vista medioambiental, el golf se caracteriza por ser un gran consumidor de recursos naturales: fundamentalmente suelo y agua. Estos recursos son limitados por definición, y su uso entra en competencia directa con otras actividades humanas tales como la agricultura. Algunos autores ven el golf como una forma de cultivo más, tal es el caso de Blanquer (2002).



Figura. 4.74. El golf como deporte y las actividades paralelas de Resort



Figura 4.75. Recuperación de paisajes degradados (Torre de Rame)

Otros autores coinciden en señalar como ventajas del golf la recuperación de paisajes degradados (Figura 4.75), o los efectos positivos sobre flora y fauna. Los campos incluso se constituyen como lugar de reposo temporal de aves migratorias e incremento de la biodiversidad (Figura 4.76).

La construcción de un green (especialmente en las áreas mediterráneas) suele suponer una transformación radical del paisaje. Consecuencia de la misma es la modificación de los valores ecológicos de las áreas de ubicación de los campos. Debe señalarse que la extensión de un campo de golf no puede por sí sola provocar cambios ecológicos importantes, alterando de manera notoria el funcionamiento de los ecosistemas. La causa fundamental es el impacto generado alrededor del mismo, principalmente por la especulación inmobiliaria (Borrego Domínguez, 2002).



Figura 4.76 Lagunas artificiales y aves migratorias descansando

La problemática de este juego asociado a las construcciones tipo resort, es su ubicación en zonas de baja pluviosidad, lo que condiciona el suministro de agua, así como la cantidad de recurso suelo que consume, casi siempre en zonas de alto valor paisajístico o ecológico. Por ello, desde diversos colectivos, reclaman una planificación de esta actividad, que genere mayores ingresos y consuma menos recursos. Una planificación realista alejada de intereses especulativos, y que identifiquen de manera clara los efectos (tanto positivos como negativos) sobre el medio natural y social. Abarcando el territorio en su conjunto o unidad morfológica, independientemente de la distribución territorial municipal, puesto que en muchos casos los distintos municipios que integran una comarca no prevén, los efectos que sus actuaciones tienen en el medio y, por consiguiente, la influencia de sus actuaciones en los municipios colindantes, siendo la interacción entre campos de golf y medioambiente necesaria (Espejo Marín, 2004).

Este aspecto de influencia interterritorial municipal ocurre en la CCCMM, donde la ubicación de los recientes campos de golf, resorts y urbanizaciones asociadas, pueden hacer crecer el riesgo de avenidas por sellado se suelo, debido a que un porcentaje elevado de ellos se sitúan en las cabeceras de ramblas y ramblizos de la comarca (Figura 4.77). Los recursos, y los posibles efectos que las actuaciones sobre el medio que unos municipios tienen sobre otros, dentro de una misma unidad territorial, debe ser punto de partida esencial para una adecuada planificación y ordenación territorial, que respete el

medio ambiente y las actividades económicas y de todo tipo existentes y teniendo en cuenta que las instalaciones Golf-Resorts-Infraestructuras conllevan una utilización masiva de dos recursos esenciales para la vida como son el agua y el suelo.

En la figura 4.77 se puede ver en rojo la ubicación en el territorio de las urbanizaciones y resort en el ámbito de drenaje de las ramblas afectadas por las construcciones indicadas. Se pueden ver también los márgenes de desagüe y las poblaciones afectadas, unos drenan a la rambla del Albujón y otros hacia las poblaciones de los Alcázares y San Javier.

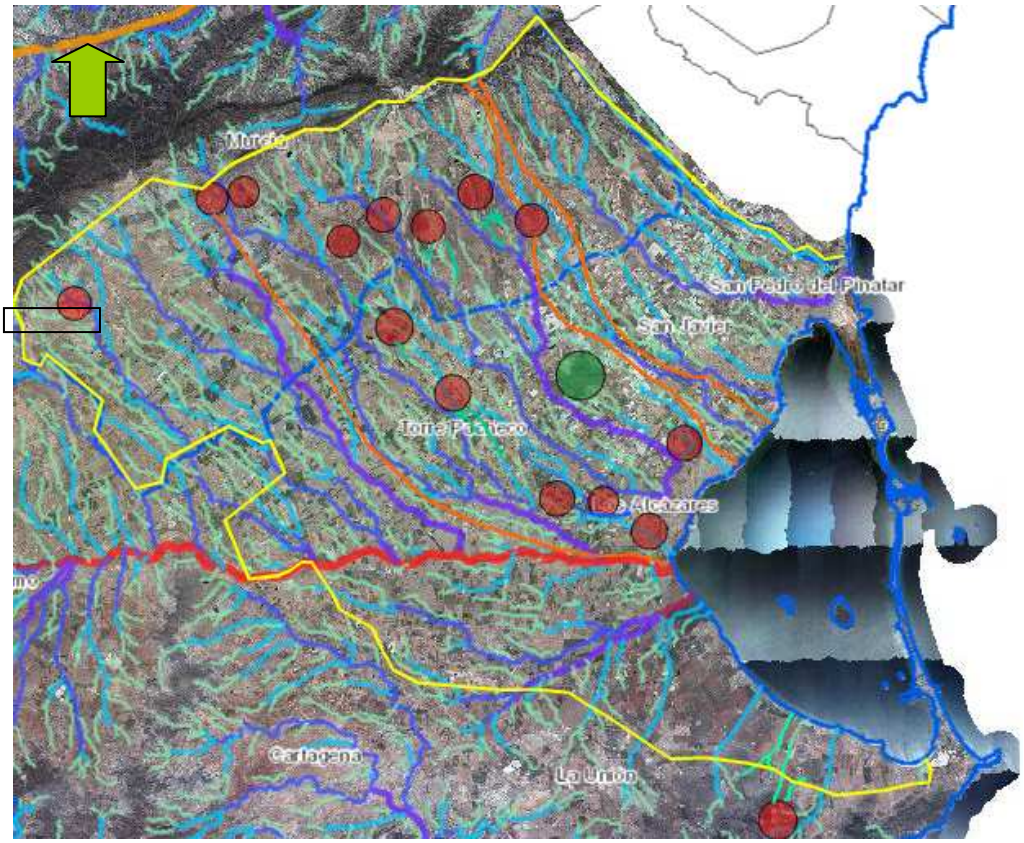


Figura. 4.77. Ubicación de los campos de golf, resorts y urbanizaciones asociadas en el área de estudio (en círculos rojos). Las líneas naranja marcan los cauces afectados y su drenaje hasta las poblaciones ribereñas. En verde se indica el Cabezo Gordo. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al recurso agua, el propio director de la Organización Mundial del Turismo, Francesco Frangialli, ya advirtió en 2007 que este tipo de residencias que acompañan a los campos de golf, "son instalaciones que consumen mucha agua, bien que escasea cada vez más por el calentamiento global que lleva a la desertificación de algunas regiones españolas". De igual manera se manifestaba la revista Hosteltour (Importante Publicación del negocio hotelero), donde se dice abiertamente que este tipo de "proyectos son insostenibles" **(16).**

Rico Amorós (1998), habla de política de “hechos consumados”, afirmando que el agua adquiere rango de recurso estratégico, por tanto, a ella quedan supeditadas todas las actividades económicas y cuantas políticas de ordenación del territorio se puedan acometer.

La procedencia de este deporte es del norte de Europa, donde los índices pluviométricos son tales que mantienen el césped de juego de manera natural, lo que contrasta con los construidos en zonas de pluviometría escasa y alta evapotranspiración, que precisa de unas cantidades mayores de agua para el mantenimiento del césped de juego, como ocurre en zonas del sureste de la Península, como la Comunidad Valenciana, Murcia, Andalucía, etc., produciéndose una situación curiosa, debido al déficit hídrico habitual en estas regiones, con grandes periodos de sequías.

La cantidad de agua necesaria, es variable, según las extensiones de campos de juego y urbanizaciones y las variedades de césped. El consumo en el norte de nuestro país, no es el mismo que en el sur del mismo. Así, en el caso de parte de Andalucía o Murcia (con una precipitación media en torno a 300 mm/año) el consumo oscila entre los 400.000 m^3/año y 550.000 m^3/año, aunque obedeciendo a la modalidad de césped empleada este gasto se puede reducir incluso por debajo de 300.000 m^3/año, con pluviometría de 600 mm. Un campo de golf de 18 hoyos (entre 50 y 60 hectáreas de extensión) requiere medio hectómetro al año (500.000 metros cúbicos), en una zona tan calurosa como es la Región. Dicho volumen se concreta en 0,25 hm^3, si es uno de 9 hoyos (30 hectáreas). Las plantas de saneamiento ofrecen ya una media de 80 hectómetros anuales de agua reutilizable, pero para que una depuradora pueda abastecer a un campo de golf, debe procesar las aguas residuales de un núcleo residencial que tenga más de 5.000 personas. El PHN (Plan Hidrológico Nacional) prohíbe la posibilidad de que las aguas de trasvases destinadas a paliar la escasez de recursos hídricos sean destinadas al riego de este tipo de instalaciones.

Por este motivo la tendencia actual, es emplear aguas recicladas procedentes de EDAR, hasta tal punto que muchas licencias de apertura se condicionan al uso de este recurso secundario en Murcia.

Un ejemplo de utilización de EDAR, es el caso de la Costa del Sol Occidental, donde más del 50% del agua destinada al riego de campos de golf es reciclada, lo cual supuso en el año 2001 un suministro de 2,5 millones de metros cúbicos (Ambientum. 2004).

El uso del agua reciclada requiere, antes de su aplicación, un análisis de calidad, comprobando parámetros tales como el contenido en sales, concentración de elementos potencialmente fitotóxicos, como el cloro, el sodio y el boro, concentración de microorganismos patógenos, nutrientes y compuestos orgánicos, es decir, hay que hacer un exhaustivo estudio sobre todos los elementos que componen este tipo de aguas para asegurar que no va a aparecer ningún problema derivado de su uso **(17)**

La enumeración de los posibles impactos ambientales por construcciones de campos de golf y resorts se puede resumir en el siguiente listado **(18)**:

- Trasformación del paisaje debido a la especulación inmobiliaria
- Modificación de los valores ecológicos del área afectada
- Consumo de agua
- Consumo de suelo
- Agotamiento de acuíferos
- Intrusiones de agua salada en los acuíferos de zonas costeras
- Aumento de la escorrentía
- Disminución de la infiltración de aguas de lluvia
- Empobrecimiento de la biodiversidad
- Fragmentación de los hábitats

Otro de los problemas de los resorts, es la proliferación de proyectos urbanísticos inacabados, infrautilizados o vacíos. Grandes cicatrices en el territorio formadas por grandes urbanizaciones sin vida, y que cuando las visitas da la sensación de auténticos pueblos fantasma, donde los pocos que compraron se ven obligados a abandonar sus viviendas por la falta de los servicios prometidos o por pura soledad vecinal.

Edificios abandonados, saqueados o casi derruidos, junto a infraestructuras a medio hacer, forman parte significativa del paisaje de muchas zonas de España y del área de estudio en particular, un paisaje sacudido por una política urbanística absurda y de hechos consumados, institucionalizada consciente o inconscientemente desde las distintas administraciones. Tratándose de un fenómeno generalizado a nivel nacional (Figura 4.78), regional, comarcal y municipal.

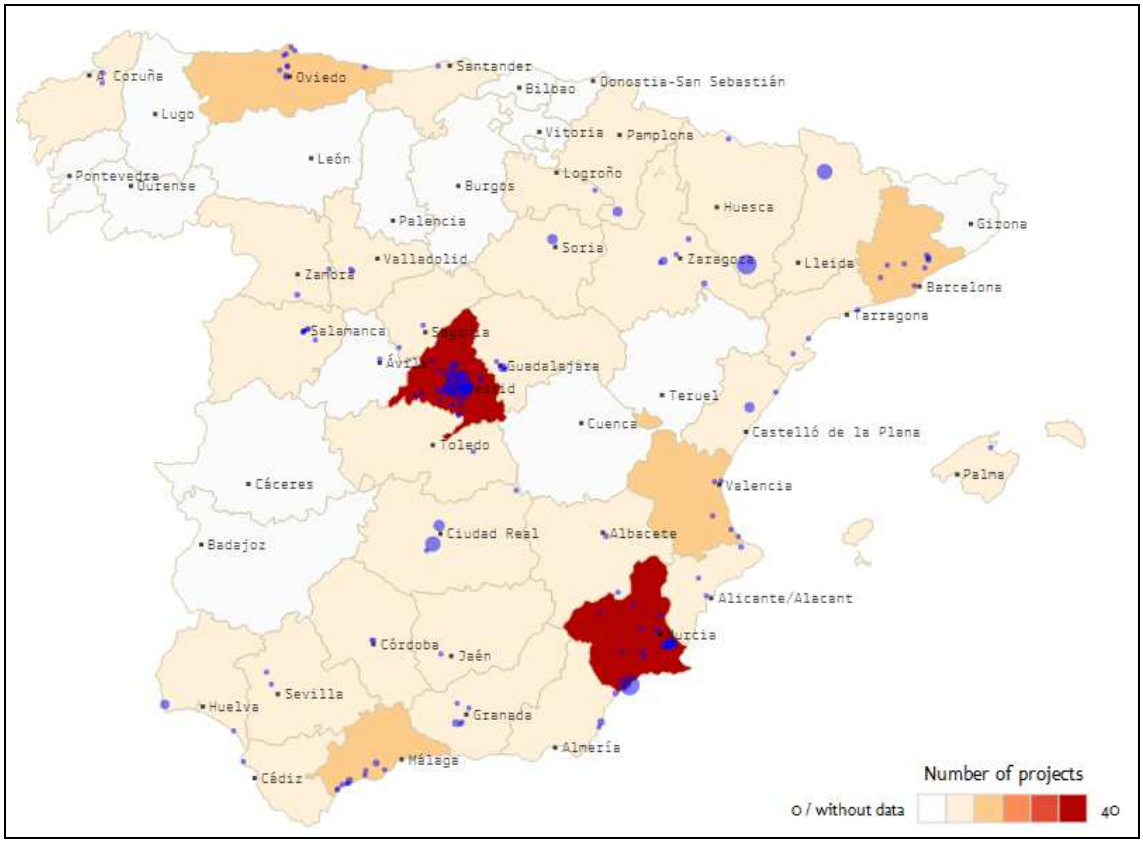


Figura 4.78. Mapa de los cadáveres inmobiliarios en España. Fuente: **(19)**

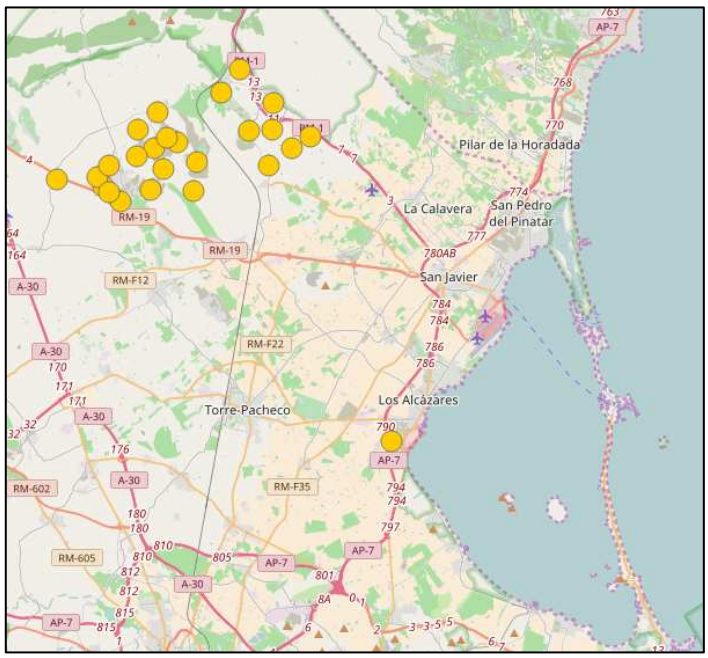


Figura 4.79. Mapa del área de estudio y localización de los proyectos fracasados. Fuente: **(19).**

La Región de Murcia, con 34 proyectos, en la actualidad fallidos, se sitúa a la cabeza, seguida de Madrid. La mayoría, se localizan cercanos al Mar Menor, donde el Ayuntamiento de Murcia, los promotores urbanísticos y turísticos habían creído encontrar

la solución a la estacionalidad del turismo y la fuente de riqueza regional, a través de la diversificación turística del turismo de golf.

En el área de estudio, la mayoría de los fracasos urbanísticos, corresponden al municipio de Murcia (Figura 4.79), en la zona que este municipio tiene en la CCCMM.

A pesar de que la mayoría ya están casi acabadas, no se consiguen vender, están en manos del Sareb (banco malo), que posee en la región una extensión total equivalente al 12% del toda España (diario La verdad Noviembre de 2015), quedando a la espera de que los precios se ajusten, cosa que aún no parece ocurrir en el mercado inmobiliario. Casas que se vendían a un precio medio de 125.000 euros, se ofertan en la actualidad en diversos portales inmobiliarios en unos 65.000 euros de media (fotocasa.com, Pisos.com).

La idea de cubrir de verde césped y jardines floridos un árido paisaje, se ha transformado en desolación y poblaciones fantasmas. Las constructoras en su mayoría con la explosión de la burbuja inmobiliaria y posterior crisis económica, entraron en quiebra. Fueron embargadas y subastadas la mayoría de las viviendas en el año 2012 (La verdad de Murcia, 2015). Algunas fueron compradas por bancos e inversores en tandas de 300 viviendas, a la espera de una segunda oportunidad. Falsa creencia en la que todos los sectores implicados (promotores, políticos, inmobiliarias y agentes turísticos) parecen confiar.

Estas urbanizaciones en su mayoría asociadas a campos de golf, se dotarían de aguas para el riego por medio de depuradoras (EDAR), que se nutrirían de las aguas residuales de los residentes, pero al no haber residentes, las depuradoras no funcionan y el agua solo llega a las viviendas adquiridas.

Otro aspecto a destacar es que las urbanizaciones carecen de alcantarillado de pluviales, por lo que las aguas de lluvia de las viviendas van a las balsas de depuración en el mejor de los casos, que desbordan y siguen su camino tierra abajo, mientras que las de los viales ni siquiera hacen ese recorrido, directamente buscan su curso natural.

El decano de los arquitectos de Murcia, D. Antonio García Herrero, en declaraciones al periódico de La Verdad de Murcia en noviembre del 2015, cree que muchas de estas promociones no se recuperarán y que una solución seria pasar por la demolición puesto que se han realizado urbanizaciones que ni son viables ni los serán nunca. Mientras, los

suelos de los piedemonte de las sierras que enmarcan la comarca y las cabeceras de las ramblas siguen sellados y sus impactos en el medio natural, en el paisaje en los cauces hídricos, provocan aumentos de las escorrentías, avenidas, erosión e inundaciones en la comarca, cada vez mayor frecuencia y con menores cantidades de precipitación.

El listado de proyectos fallidos lo podemos observar detalladamente en la figura (4.80), relacionados a continuación: 1. La Loma Golf Resort. 2. Camposol. 3. Santiago Hills. 4. Vento cortado. 5. Residencial La Tercia. 6. La Tercia II. 7. Tres Molinos Norte. 8. Tres Molinos Hills. 9. Los Mazones. 10.United Golf Resor La Tercia. 11. Los Granados Golf Resort. Albaida Golf Resort. Sun Gardens Resots 12. Las carretillas. 13. Sierra Real Golf. 14. Las Veredas. 15. La Tercia Real 16. Nueva Tercia Residencial 17. Hacienda Riquelme Golf Resort 18. Peisa Golf Mar Menor. 19. Sucina Golf and Country Club 20. La Peraleja Golf. 21. Los Altos de Sucina. 22. Eden del Mar. 23. Ochando Golf. 24. Sucina Golf. 25. La Serena Golf.

La superficie perdida de tierra cultivable en los distintos municipios a causa de los campos de golf y resort asociados asciende a 22,55 Km². datos disponibles que corresponden a los proyectos urbanísticos presentados y aprobados por las distintas corporaciones, la realidad es que como hemos señalado anteriormente, muchos de ellos están a medio o algunos a pesar de haber desarrollado los viales, no mantienen en sus perímetros edificaciones, pasando de esta forma a unos datos inferiores de sellado real por resorts. Estos datos según digitalización son por municipios: Murcia 2764866 m² , Los Alcázares 92105 m², Torre Pacheco 1757417m² San Javier 439298 m². Cartagena 1501188 m², sumando un total en la comarca de 6554874 m² de sellado por resort. Y descontados los grens o zonas de juego, aunque los proyectos siguen vigentes y a la espera de finalización.

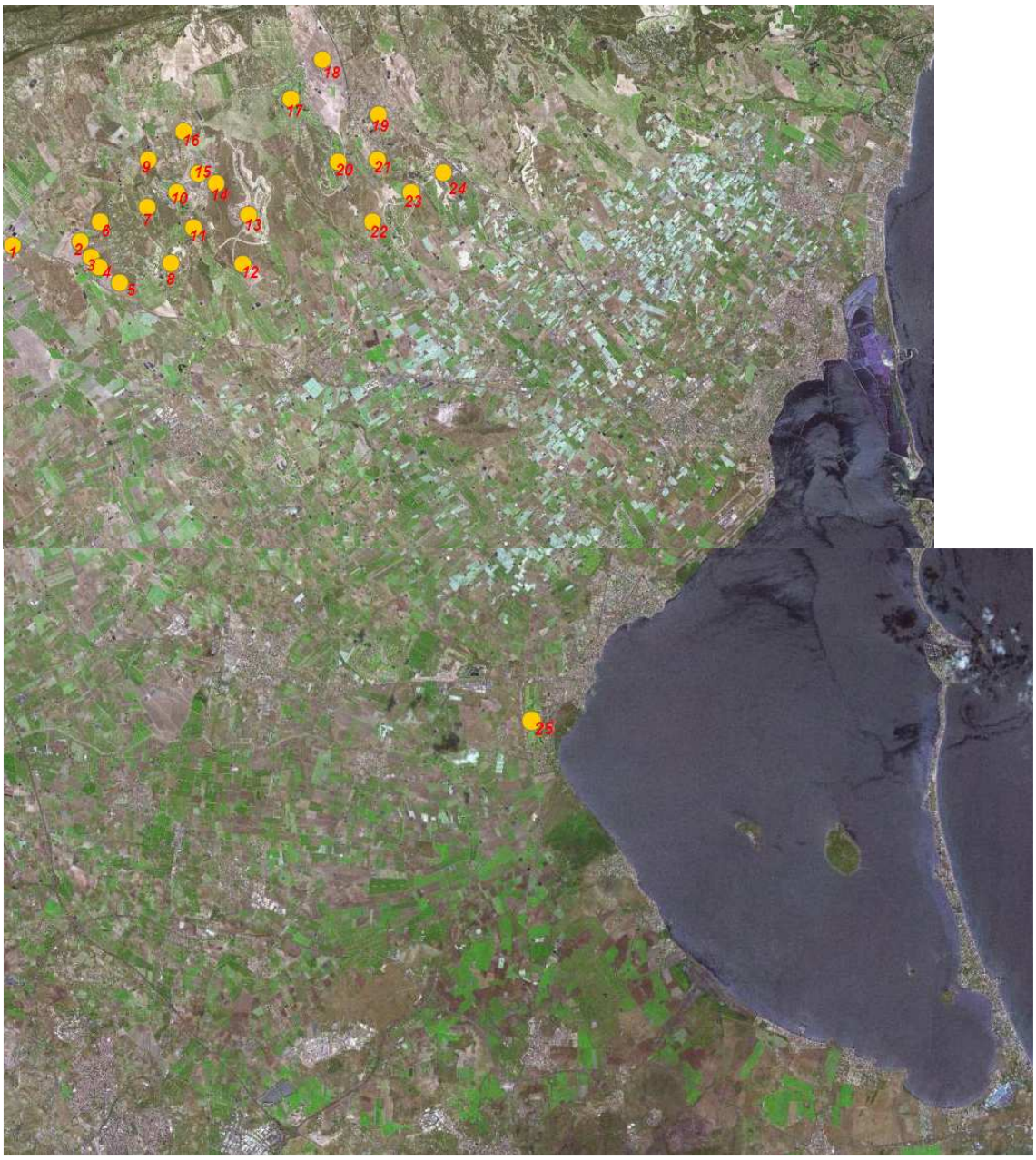


Figura 4.80. Localización de los proyectos fracasados.
Fuente: elaboración propia a partir de datos de http://cadaveresinmobiliarios.org/
escala aproximada 1:1500000

4.1.4. Impactos de la construcción de vías de comunicación

El modelo de desarrollo económico global, fomenta el crecimiento de las infraestructuras terrestres como clave de riqueza, por lo que se justifican y asumen sus efectos. No teniendo en cuenta, o siendo poco valorados los efectos medioambientales, que supone en muchos casos, la supervivencia de especies, incluida la humana (Álvarez, 2003).

Ante todo ello surge la idea de un modelo de desarrollo realmente sostenible; aunque la palabra “sostenible”, en la actualidad, es utilizada como un término para justificar y

mantener el sistema. En cualquier caso, el paisaje debe constituir la clave de la ordenación del territorio siendo esencial en la planificación estructural oficial, aplicando una rigurosa evaluación ambiental a todo tipo de actuaciones, dado que la ocupación lineal de terrenos significa la transformación radical del espacio afectado en una banda generalmente estrecha pero de una gran longitud. Conectar dos puntos afecta a todos los espacios intermedios, poniéndose en riesgo los valores ambientales y biológicos de estos espacios y, por tanto, sus contenidos y valores paisajísticos (Español, 1998).

Las infraestructuras lineales de transporte transforman y fragmentan en mayor o menor medida, los hábitats, cortando los corredores naturales, aunque, en principio, la influencia es menor que otras actuaciones sobre el territorio, que suelen incrementarse posteriormente con actuaciones derivadas, como pueden ser construcciones diversas o urbanizaciones, entre otras.

La construcción de carreteras es un hecho que beneficia y facilita la vida a particulares y empresas. Para las zonas que comunica supone un gran impulso en su desarrollo desde el punto de vista económico, social, cultural, etc., pero la realización de una vía produce irremediablemente alteraciones en el medio ambiente. Es la fase de construcción, la que más impacto produce, puesto que altera el medio terrestre donde se va a construir la carretera. Estos impactos se pueden enumerar en los siguientes:

• Ocupación física del suelo (sellado de suelo).
• Modificación de los sistemas de drenaje.
• Explotación de canteras para extraer materiales.
• Desviaciones temporales o permanentes de cauces de los ríos, ramblas o ramblizos.
• Realización de taludes y terraplenes.
• Deforestación de los márgenes y zonas de influencia
• Movimiento de tierras.
• Voladuras, etc.

Posteriormente, en la etapa de utilización de la vía, la contaminación de los vehículos que por ella transitan, marcaran la alteración del medio a través de los gases que expulsan los vehículos en su circulación, así como por los productos relacionados con el vehículo, como el aceite, el anticongelante, los líquidos de freno y embrague, los neumáticos, etc. Estos productos al caer a la calzada son arrastrados por la lluvia y alteran los valores naturales de las aguas y los suelos, llegando a ramblas ríos, lagos o al mar. Otro tipo de

alteración medioambiental es la acústica, motivada por el ruido que producen los vehículos y lumínica en su circulación nocturna.

Todo ello puede ocasionar importantes alteraciones llegando a transformar el relieve y el paisaje, alterando el clima, la fauna y la flora de esa zona, lo que significa a medio y largo plazo una repercusión negativa en los seres humanos (DGT, 2014).

Las carreteras actúan de elemento corte, elemento barrera, entre los seres vivos y los distintos ecosistemas, siendo especialmente dañino para la fauna y más concretamente para aves, reptiles, anfibios y pequeños mamíferos **(20)**.

También se pueden clasificar los impactos producidos por las carreteras en:

1) Impactos directos. Producidos por la presencia física de la carretera, su construcción, y funcionamiento.
- cambio del paisaje
- cambio de las estructuras orográficas, alteración de ríos, arroyos o ramblas, de forma temporal o permanente.

2) Impactos indirectos. Más estrechamente relacionados con el proceso de construcción y funcionamiento, suelen plantear un riesgo grave para el medio ambiente incluyendo temas como el sellado, la erosión del suelo y la contaminación, que suponen efectos en cadena sobre la calidad del agua del suelo.

3) Impactos acumulativos. Resultado de los impactos directos e indirectos, como pueden ser, los impactos de la construcción de carreteras, la desviación de sistemas fluviales, deforestación asociada a la construcción de las vías terrestres, la contaminación del agua y el suelo, el ruido, generan cambios en los hábitats y en la vida silvestre, que contribuyen a poner en peligro la supervivencia de especies, debido al efecto barrera que ocasionan, por fragmentación y separación de hábitats, el aumento de las temperaturas, debido a la falta de cobertura vegetal, y el aumento de temperatura del asfalto.

4) Impactos impredecibles. Los que pueden ocurrir aleatoriamente, incendios y muertes de seres vivos por el tráfico **(21)**.

Ante la problemática ambiental de las vías de comunicación terrestres, la Comisión Europea promovió un estudio en 16 países, analizando algunos de los efectos de

carreteras y líneas de ferrocarril sobre el paisaje: fragmentación y pérdida de hábitats, efecto barrera, mortalidad, ruido, contaminación, entre otros (Acción COST 341, CE)

Esta Acción, que finalizó en noviembre de 2003, propuso como objetivos realizar en todos los países que se han adherido, (entre ellos España), un informe nacional sobre la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, un informe europeo al respecto, un manual técnico de orientaciones y medidas concretas, y una base de datos con la información generada en todos los países participantes (Rosell y Álvarez, 2003).

La pérdida de hábitats ocurre, ya sea por la eliminación completa de manchas de paisaje o por el recorte de las mismas. La reducción del tamaño de los fragmentos supone una pérdida de especies de forma directa o por alteración de las tasas de predación, de germinación de semillas o de otros procesos ecológicos inherentes al funcionamiento de dicha mancha, ecosistema o hábitat (Santos y Tellería, 1993), lo que se ha podido comprobar para especies forestales en fragmentos a distancias menores de 2 Km de una autopista (Brotons y Hernando, 2001).

El efecto barrera se produce ya sea por la mortalidad en la vía, las perturbaciones que la infraestructura provoca el impedimento físico o por influencia en las conductas que suponen la infraestructura y su equipamiento produciéndose tanto a escala de organismo como de población.

La mayor parte de la información publicada a este respecto, se refiere a efectos de perturbaciones (ruido, tránsito, luminosidad), ya sea en fase de construcción de la vía o posteriormente, a esto pueden añadirse datos sobre contaminación de ríos y contaminación atmosférica, dispersión de especies alóctonas y la proliferación de incendios forestales. Un 20% de los incendios forestales que anualmente se producen en España se originan junto a vías de transporte (carreteras y ferrocarriles). Este porcentaje se eleva a un 35% si se consideran además las pistas forestales

Tanto la mortalidad de animales en carretera como los accidentes que se producen por el cruce de animales por la calzada se incluyen en varias de las formas de infracción que contempla la Ley 4/1989, de Conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres, en su Artículo 38, cuando afectan a espacios naturales protegidos, y si se trata de espacios declarados ZEPA o LIC (futuras Zonas de Especial Conservación) pueden

vulnerar las Directivas de Aves y de Hábitats, además del incumplimiento de la normativa autonómica que proceda.

Según Rossel y Álvarez (2003), los principales efectos ecológicos de las infraestructuras son los siguientes:

- Pérdida de hábitat
- Perturbaciones
- Emisión de productos tóxicos
- Ruido e iluminación afectan a una amplia franja de terreno
- Inicio de incendios forestales
- Mortalidad. Se estima que 10 millones de vertebrados mueren cada año en las carreteras españolas.
- Efecto barrera. En general más importante para las especies no voladoras y de pequeño tamaño. Supone una fuerte restricción a los desplazamientos, la inaccesibilidad a determinados hábitats o recursos, así como el aislamiento de poblaciones. Es mayor cuanto más ancha y transitada es la vía, pero también influyen los vallados perimetrales, los sistemas de separación entre calzadas y la velocidad de los vehículos.
- Dispersión de especies: los márgenes de la carretera pueden favorecer la extensión de determinadas especies, en particular de especies exóticas.

En el área de estudio la influencia de las infraestructuras en el medio es grande, siendo su impacto mayor en el caso de grandes infraestructuras como las autovías y autopistas, pues su topología como autenticas murallas de materiales sobreelevados del terreno, en su mayor parte, para evitar o amortiguar la acción de las precipitaciones y los accidentes con animales. Por tanto, el fraccionamiento de los hábitats por este motivo es claro, así como el corte de los cauces naturales, siendo en el estudio que nos ocupa, cauces de ramblas, que aunque permanecen secos la mayoría del año, en épocas de lluvias intensas bajan con caudales, que en algunos momentos pueden convertirse en auténticos torrentes de alto poder destructivo (Los Alcázares/ San Javier.

En la figura 4.81 se puede observar como la mayoría de las grandes infraestructuras de transporte, cortan de forma transversal en algún punto tramos de ramblas de la comarca, influyendo en la escorrentía, en el desagüe de las aguas, su acumulación y/o desviación, que en momentos pueden afectar a las comunicaciones terrestres por cortes de carreteras. En la figura 4.33 de este mismo capítulo, donde están representadas todas las infraestructuras de carreteras, se puede observar hasta qué punto se ha fraccionado el territorio, en la comarca del CCMM.

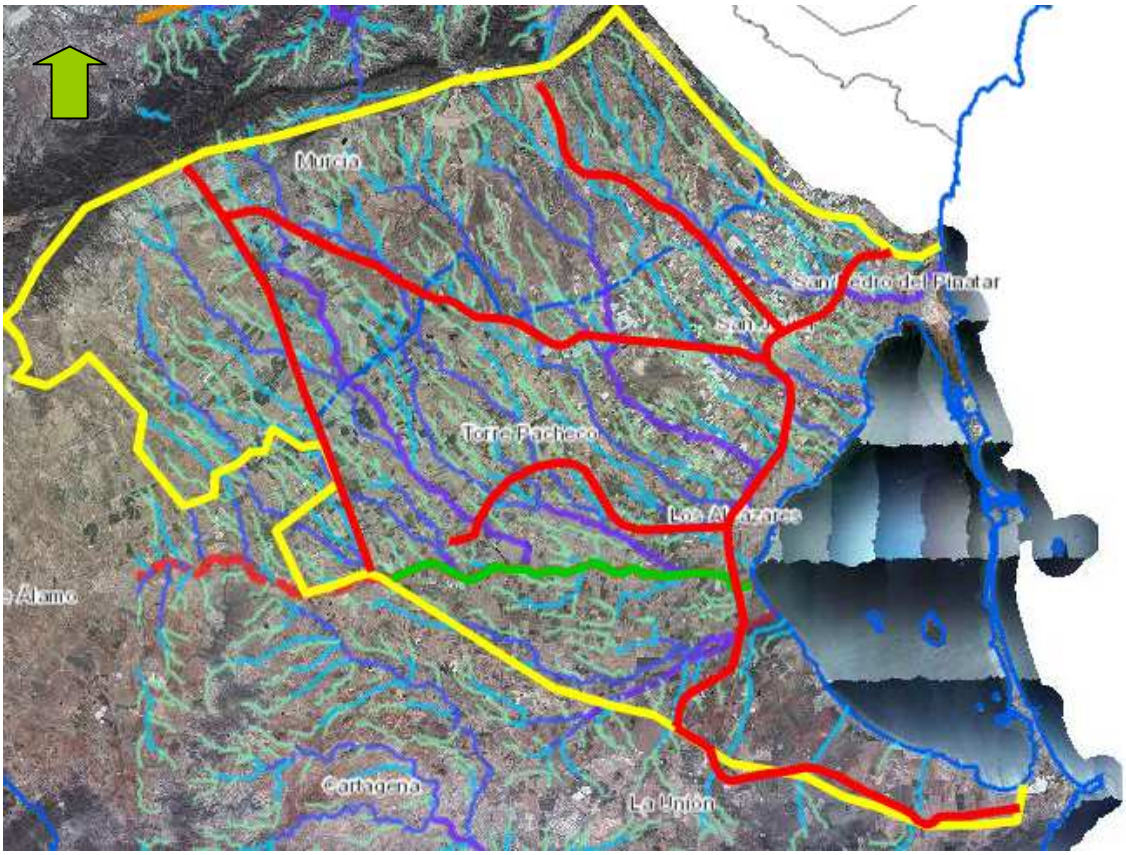


Figura 4.81. Ubicación de las grandes infraestructuras en la comarca en relación con el corte de cauces de ramblas y fraccionamiento de hábitats. Escala aproximada 1:300000.
Fuente: Elaboración propia

Las vías que más ramblas interceptan son la autovía Murcia-San Javier, La autovía AP.7 y la circunvalación de Torre Pacheco, estructurada como una vía rápida, con un ancho de 35 m. y doble vial por cada sentido.

En el área sur (Figura 4.82) de la rambla del Albujón hacia el sur, el corte de los cauces es total por causa de la autovía de la Manga.



Figura 4.82. Autopista AP7 atraviesa toda la comarca bordeando la laguna del Mar Menor y sus poblaciones costeras.

4.2. Impactos derivados de la instalación de invernaderos

La superficie que en la CCCMM está dedicada a invernaderos, si consideremos nuestros datos de digitalización, asciende a 3.032 ha, mientras que según datos oficiales son 1.495 ha, por lo que la diferencia en superficie es notable. La razón puede estar, por un lado, en que muchos de los invernaderos no están declarados como tales y, por otro, que mediante digitalización se contabiliza una superficie de sellado un poco más amplia que la estrictamente del invernadero, como son los pasos entre invernaderos para trabajos de recolección y mantenimiento y que pertenecen a la categoría de sellado de suelo por paso de maquinaria agrícola (Figura 4.83).

En todo el sureste de la Península Ibérica, en las últimas décadas, con motivo especialmente del incremento de la agricultura intensiva mediante invernaderos, ha tenido lugar una notable transformación del paisaje. Sin duda es de destacar la provincia de Almería (Hernández Porcel, 2005), la cual se ha constituido como modelo paisajístico, de plásticos de mayor exponente europeo, y probablemente mundial, de este tipo de agricultura (Tolón Becerra y Lastra Bravo, 2010). Tanto en Europa, como en otros continentes, este modelo de agricultura, es conocido y envidiado (García Lorca, 1999). Iniciado en los años cincuenta, es a partir de 1977 cuando se comienza a designar el fenómeno como de “milagro almeriense” (García Lorca, 1999). Pero la provincia de Almería no ha sido la única región que ha sufrido una transformación del paisaje a consecuencia de la implantación de invernaderos. Todo el Sureste español se ha caracterizado por un predominio de esta actividad, y este es el caso de la Región de Murcia y de la comarca del Campo de Cartagena-Mar Menor (CCMM) aquí estudiada.



Figura 4.83. Espacio entre invernaderos sellado por compactación por el paso continuo de maquinaria agrícola entre los invernaderos. Fuente: Realización propia.

Este tipo de agricultura ha supuesto la clara transformación de una agricultura tradicional de subsistencia a otra tecnificada, en la que se utilizan mejores técnicas y herramientas para lograr el máximo provecho a una determinada superficie. Los efectos económicos y sociales de esta agricultura son positivos, e incluso algunos autores destacan aspectos beneficiosos como pueden ser la mejor utilización de los recursos naturales como el sol, el suelo y, especialmente, el agua (Pérez Parra *et al.,* 2002). No obstante, el impacto paisajístico y ambiental es muy notable (FAUGT, 2008; Gómez, 2011).

En la CCCMM, a mediados del S. XX tuvieron lugar dos hechos importantes con repercusiones para la agricultura de la comarca: (i) El Decreto de 25 de abril de 1953, por el que se reglamentaba la ordenación de los aprovechamientos hidráulicos en la Cuenca del Segura, y por el que se adjudicaba la cantidad de 31 millones de m^3 para el riego de cereales del Campo de Cartagena, con caudales excedentes de la Cuenca del Segura; y (ii) la construcción de la central térmica de Escombreras en 1957, con una potencia de 280.000 kW (Espejo Marín 2008), que supuso la electrificación definitiva de la comarca, necesaria para la instalación de motobombas impulsoras de agua del subsuelo. Las

aguas subterráneas han contribuido de un modo fundamental al sostenimiento de la actividad agraria de la zona (Gil Meseguer y Gómez Espín, 2014). (iii) Pero el trasvase Tajo-Segura ha sido esencial en el cambio de una agricultura tradicional de secano, a una agricultura intensiva de regadío. La llegada de aguas del trasvase Tajo-Segura se produjo a partir del año 1978, si bien con un ritmo muy irregular hasta el año 1995, en que las aportaciones aumentaron considerablemente, hasta alcanzar prácticamente la dotación legal asignada a su zona regable de 122 hm^3/año (Martínez Menchón y Senent Alonso 2007).

La disponibilidad de mayor cantidad de agua, junto a las características climáticas y topográficas de este territorio propició, al igual que en la provincia vecina de Almería, la instalación de invernaderos. Ello ha supuesto una alteración del paisaje tradicional, dando lugar a otro tipo de relaciones e interacciones donde lo tradicional y ecológico ha dado paso a lo económico, con sus ventajas e inconvenientes.

La aparición de los invernaderos ha supuesto un avance en cuanto a rendimiento agrícola se refiere, aunque constituyen una potente herramienta de impacto paisajístico y medioambiental. La modernización de la agricultura en la CCCMM ha generado la creación de una verdadera barrera de plástico, transformando el paisaje completamente. Los invernaderos se han consolidado como estructuras complejas que han traído consigo la pérdida masiva de terreno natural, no solo el que queda bajo las instalaciones, sino también, el que hay entre un invernadero y otro.

Aunque es evidente que la agricultura intensiva bajo invernaderos tiene aspectos socioeconómicos muy positivos (Valera Martínez *et al.,* 2014), se ponen de manifiesto otros aspectos muy negativos desde un punto de vista medioambiental.

Antón Vallejo (2004) califica a este tipo de agricultura como un brutal atentado al paisaje, además de conllevar graves riesgos de contaminación residual, y Gómez (2011) cita hasta una decena de impactos derivados de estas actuaciones sobre el medio, destacando la contaminación de la atmósfera, los acuíferos y el riesgo de incendios, así como la posible contaminación en las aguas del litoral por la concentración masiva de residuos orgánicos agrícolas.

Los principales impactos medioambientales de los invernaderos, y con incidencia en la comarca que a continuación se citan, se pueden resumir en los siguientes: (i) consumo

de recursos; (ii) contaminación de suelos y aguas; (iii) aumento del riesgo de erosión e inundaciones; (iv) reducción de la biodiversidad; (v) residuos que generan; y (vi) otros.

Por otro lado, la ubicación física de los invernaderos, es decir, su asentamiento en el territorio, también posibilita impactos debido a que estos se sitúan en los propios cauces de las ramblas (Martinez Menchón 2007), o sus cercanías (Figura 4.84), esto unido a que la cubierta de los invernaderos es plástica, hace que las lluvias, caigan libremente al suelo permitiendo que la escorrentía sea mayor, lo que hace que aumente de igual manera la erosión.

Los invernaderos en la comarca son en su mayoría de tipo mediterráneo de unos 1.000 m^2 de superficie, aunque cada vez más se va imponiendo el tipo túnel.

Al carecer la mayoría de instalaciones métodos de recepción de las aguas pluviales que puedan caer sobre ellos.

En episodios de lluvias intensas en las que se han medido hasta 230 l/m², el desagüe de estos invernaderos puede movilizar elementos depositados en el suelo como residuos plásticos, materia orgánica vegetal, y otros materiales diversos que son arrastrados por las aguas de escorrentía, causando taponamiento de los desagües y embalsamiento de aguas .

En la figura 4.84 se observa la ubicación de los invernaderos con respecto a los principales cauces de ramblas en la comarca. De esta ubicación se desprende un aumento de las escorrentías en las áreas cubiertas por plásticos que en conjunción con otros agentes selladores, pueden alcanzar volúmenes de aguas y velocidad de las mismas muy peligrosos.

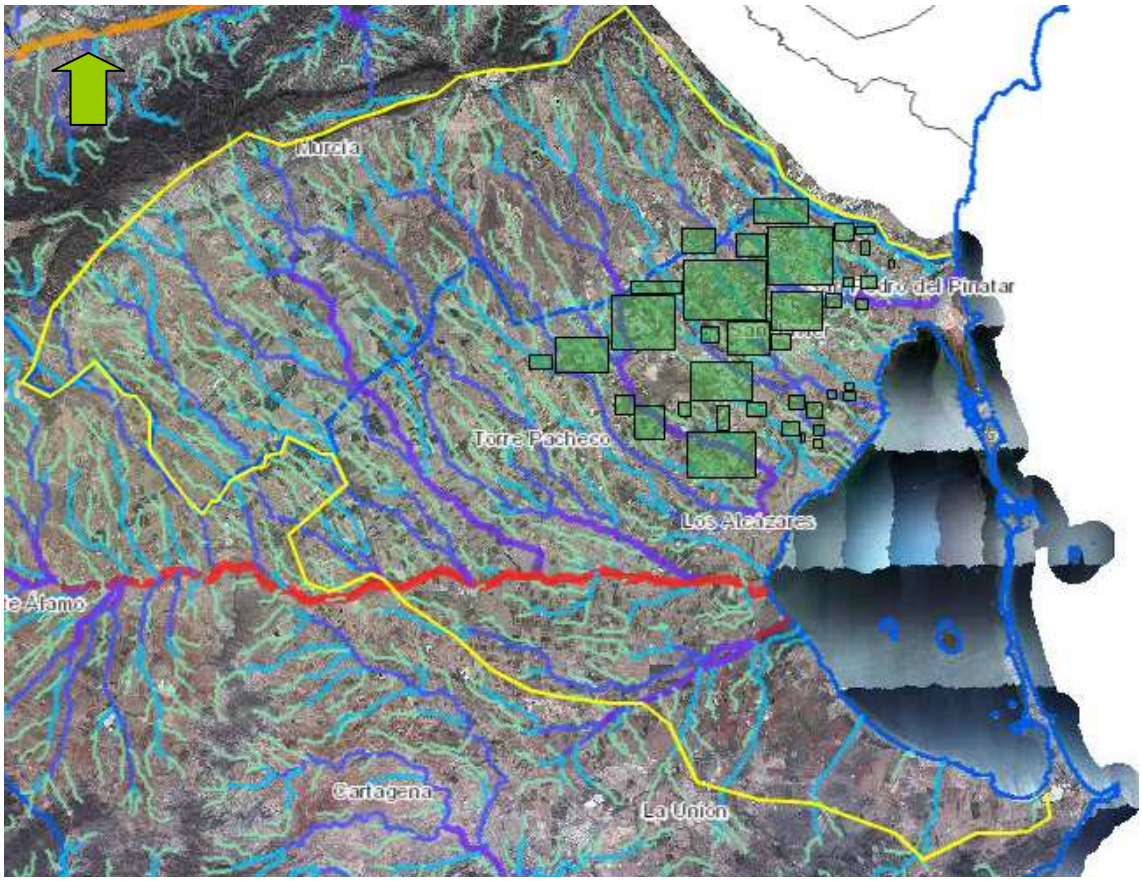


Figura 4.84. Ubicación de los invernaderos en la comarca, en relación con los cauces de las ramblas. Escala aproximada 1:300000.Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Consumo de recursos

La agricultura intensiva de invernaderos, a pesar de todas las ventajas socio-económicas que supone, ocasiona, sin embargo, toda una serie de impactos medioambientales muy importantes. Ha sido considerada como un modelo de explotación de los recursos naturales, muy similar a la de la industria, de hecho ha aparecido el concepto de "agricultura industrial" (Massaro *et al.,* 1999). Ello es debido al alto grado de cambios y equipamientos que exige en el territorio, así como a los elevados valores de insumos y niveles productivos que la caracterizan, propios de regiones industrializadas. Por otra parte, Matarán Ruíz (2006) menciona que los invernaderos constituyen la actividad agrícola más impactante para el medio ambiente, ya que son sistemas altamente productivos que necesitan grandes cantidades de recursos

Sin duda, el recurso más importante consumido es el agua, pese a que estas instalaciones se han diseñado como estructuras de alta eficiencia, disminuyendo la evapotranspiración en un 50% (López Gálvez y Salinas Andújar, 1998). Es necesario disponer de agua en cantidad suficiente para toda la superficie de invernaderos existente, por lo que en ocasiones se recurre a aguas subterráneas provocando la sobreexplotación

y salinización de los acuíferos. Según el OSE (2006) en la Región de Murcia, recientemente se ha experimentado un incremento muy importante de las tierras de regadío en una zona con escasos recursos hídricos y graves problemas de sobreexplotación de acuíferos.

En la actualidad, muchas de las nuevas tecnologías que se están comenzando a usar tratan de reducir el consumo de agua, como por ejemplo: los cultivos hidropónicos (García Lozano y Urrestarazu Gavilán, 1999), los sistemas de riego automático (Fernández Fernández, 2003), los sistemas de control climático (Montero et al., 1998; García Lozano y Escobar Jiménez, 2001) y los sistemas de recogida del agua de lluvia; pero no todas ellas se están aplicando en la CCCMM y las que lo hacen, sobre todo en recogida de aguas pluviales, según estimaciones no llegan al 20%, siendo inferior el porcentaje en la reutilización de aguas de riego.

En la figura 4.85, se observa como las instalaciones de invernadero disponen de drenajes para las aguas de lluvia sin recogerlas y poder utilizarlas para riegos posteriores



Figura 4.85. Drenaje de los invernaderos al territorio a través de desagües.

4.2.2. Contaminación de suelos y aguas

La concentración masiva de invernaderos en los últimos años ha ocasionado la generación de grandes cantidades de residuos líquidos y sólidos, que se unen a los problemas de impacto resultantes de su implantación. El vertido de fertilizantes y pesticidas de manera superficial y subsuperficial a la laguna del Mar Menor (Figura 4.86) ha ocasionado un impacto medioambiental muy negativo con los consiguientes efectos para el turismo.



Figura 4.86. Imagen de los drenajes de riegos a la rambla del Albujón a través de canales en agosto de 2016. Aunque según la Administración regional en esa fecha ya no existían vertidos al Mar Menor. Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, este problema de emisiones, ha generado un descontrol administrativo en cuanto a la eliminación de plásticos y la utilización racional y sostenible de pesticidas, herbicidas y abonos, químicos o naturales (Figura 4.87).



Figura 4.87. Acumulaciones de materia orgánica de origen animal (al fondo) que se depositan en los cauces de ramblas y ramblizos que con las lluvias son arrastrados al Mar Menor.

4.2.3. Aumento del riesgo de erosión e inundaciones

Otro de los efectos que generan los invernaderos es el incremento de las escorrentías (Figura 4.88). Las cubiertas impermeables de los invernaderos aumentan los caudales de agua superficiales (en especial en épocas de lluvias intensas), favoreciendo las avenidas e inundaciones.



Figura 4.88. Las escorrentías de diciembre de 2016 tuvieron la energía suficiente para arrancar las paredes de hormigón de algunos encauzamientos. Fuente: Elaboración propia.

Al ser la CCCMM prácticamente una llanura, los posibles cambios topográficos para la construcción de invernaderos que pudieran generar riesgos de erosión, en principio, aquí no son muy importantes. Por el contrario, lo que sí se ha incrementado con la construcción de los invernaderos es el riesgo de inundación (Camacho Olmedo, 1996; Fernández Marín *et al.,* 1998; Alcalde, 2000).

Por otro lado, la deficiente gestión de los residuos supone la acumulación de éstos en las ramblas y otros cauces, reduciendo su capacidad de drenaje y actuando de presas (Figura 4.89) (Alcalde, 2000). Al tiempo que algunos cauces han sido ocupadas por cultivos de invernaderos (Belmonte Serrato *et al.,* 2011). La superficie sumada a las artificiales, se han visto incrementadas en los últimos años, especialmente en el litoral de la Región de Murcia (OSE, 2006), y, en particular, en la comarca aquí analizada (Romero Díaz *et al.,* 2011b) ha hecho que el riesgo de avenidas se haya visto incrementado de forma muy notable y que se sufra de forma recurrente los efectos de las inundaciones (Romero Díaz *et al.,* 2010).



Figura 4.89. Canal de drenaje colapsado por residuos y vegetación y canal de la rambla de La Maraña al pasar bajo la carretera, con material de construcción de invernaderos arrastrados y acumulados (Soportes de hormigón y plásticos). Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Reducción de la biodiversidad

No tenemos datos específicos sobre reducción de la biodiversidad en la CCCMM, pero mientras que en la mayoría de sistemas agrarios interaccionan con el ambiente circundante, los invernaderos están diseñados precisamente para ser ajenos al medio. Por lo tanto, espacios que eran parte del ecosistema ahora se han transformado en superficies agro-industriales aisladas del sistema de relaciones ecosistémicas (Figura 4.90). Además, la contaminación producida por el vertido de residuos sólidos, líquidos y gaseosos supone también un serio peligro sobre la biodiversidad y fraccionamiento del medio (Matarán Ruíz, 2006). Lo que sí parece cierto, es que la falta de vegetación natural, junto con el entramado de carreteras, caminos de servicio y enjambre de invernaderos, hace la vida natural y/o silvestre muy difícil, debido al fraccionamiento y ocupación de habitats.



Figura 4.90. Camino de servicio flanqueado por paredes de plásticos y cerrado al fondo por más invernaderos lo que supone una barrera para las especies de animales terrestres. La falta de arbolado también afecta a las aves autóctonas. Fuente: Elaboración propia.

4.2.5. Residuos generados

Los cultivos bajo invernaderos generan grandes cantidades de residuos, tanto sólidos, como líquidos o como gaseosos.

Respecto a la producción de residuos sólidos, esta tipología de agricultura industrial produce hasta diez veces más que el resto de agriculturas (Alcalde, 2003). La biomasa y el plástico de cobertura (Figuras 4.91 y 4.92) representan el mayor porcentaje de ellos.



Figura 4.91.Acumulación de residuos plásticos en márgenes y cauces de ramblas.
Fuente: Elaboración propia.



Figura. 4.92. Acumulación de residuos plásticos en márgenes y cauces de ramblas
Fuente: Elaboración propia.

La cantidad global de residuos plásticos de cubierta, oscila según Antón Vallejo (2004) entre 900 y 1.100 kg/ha. Esta ingente cantidad de residuos plásticos, que resultan altamente perjudiciales para la salud y el medio ambiente, precisan de un correcto tratamiento, que no siempre se lleva a cabo (Prieto Prieto, 2009). Los residuos, la mayoría de las veces no son trasladados a los centros de incineración y reciclado, se quedan junto a los caminos, invernaderos o son quemados sin control alguno (Figura 4.93 y 4.94), a pesar de que, en la actualidad, en la CCMM hay tres plantas de reciclado de plásticos agrícolas.

Los residuos orgánicos (Figura 4.93), suponen la principal fracción de residuos de invernaderos. Siguiendo a Alcalde (2003) y Fernández García (1998), la cantidad de residuos producida y el momento de producción dependerá de las características del cultivo y, más concretamente, de las peculiaridades de las variedades, realización de podas, estado de lignificación, marco de plantación o fechas de arranque. Pero el volumen total puede ser mucho mayor teniendo en cuenta los productos que se retiran cuando los precios bajan (Grupo Ecologista Mediterráneo, 1999) o cuando se produce alguna de las plagas que azotan a estos cultivos de forma generalizada a causa de la saturación territorial y la falta de medidas higiénicas (Matarán Ruiz, 2005).



Figura. 4.93. Residuos orgánicos acumulados junto a las instalaciones de invernaderos.

Por otro lado, los invernaderos son los mayores consumidores de pesticidas y fertilizantes, aunque la eficiencia de estas plantaciones es más elevada. Es evidente que si el consumo es mucho mayor, el vertido también lo será. La mayor parte de los

"residuos líquidos" provienen de los sobrantes del regadío, de la utilización de dosis excesivas y del lavado de los residuos sólidos gestionados de manera inadecuada (Olea, 1997). Atendiendo al lavado de residuos orgánicos, también existe un grave riesgo de contaminación tanto por fertilizantes como por pesticidas, que están muy presentes en esta fracción residual. En este caso, el riesgo para la salud de las personas se debe a que, en ocasiones, estos residuos contaminados son utilizados para alimentar al ganado (Fernández García, 1998). La producción media anual de sobrantes de regadío en un invernadero es de 0,3 toneladas por hectárea, incluyendo agua, fertilizantes y pesticidas, aunque la cantidad total podría llegar a alcanzar las 2,2 toneladas en algunos casos (Naredo, 1995; Antón Vallejo, 2004). Considerando el valor más bajo de 0,3 Tm/ha el balance de residuos líquidos procedente de los invernaderos (0,3 Tm/ha*3031,81 ha de invernaderos en la comarca), el total en la CCCMM de fertilizantes y pesticidas ascendería a 909.543 Tm.



Figura 4.94. (Restos de invernaderos de todo tipo, quemados al atardecer y cuando la vigilancia de las autoridades no existe.(los materiales plásticos una vez quemados dejan .residuos casi imperceptibles, aunque sus gases y volátiles se esparcen a km de distancia. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, de entre los contaminantes "gaseosos", una de las principales fuentes son los pesticidas desprendidos durante el proceso de aplicación. Se ha llegado a medir la contaminación por estas sustancias a distancias mayores de los 60 km (Alcalde, 2003), aunque la peor parte se la llevan los trabajadores de los invernaderos, cuya salud está expuesta a importantes riesgos, tal y como se ha recogido en varios estudios (García *et al.,* 2004; Olea, 1997). En la comarca, en determinadas épocas del año, es fácil observar nubes de contaminantes generados por el quemado que algunos agricultores hacen de manera ilegal Figura (4.94) En otros muchos casos, los recipientes de insecticidas y otros productos químicos se apilan junto a los invernaderos, estando en ocasiones llenos y desprotegidos (Figura 4.95)



Figura. 4.95. Recipientes de insecticidas y otros productos químicos se apilan junto a los invernaderos. Fuente: Elaboración propia.

4.2.6. Otros efectos

Como otros efectos negativos que producen los invernaderos se pueden citar las alteraciones olfativas en el medio, como consecuencia de la utilización de abonos orgánicos (Figura 4.96) y fumigaciones, y también las alteraciones auditivas del medio, consecuencia del ruido de motores de extracción de aguas, diversa maquinaria agrícola y de recolección. Todos estos aspectos constituyen también efectos negativos sobre las poblaciones, que están aún por evaluar.



Figura 4.96. El abono con materia orgánica de orión animal provoca olores desagradables en los municipios de la comarca. Fuente: Elaboración propia.

Aunque todo no parecen ser impactos negativos en el medio ambiente, así autores como Campra 2011 y 2012, hablan de una mitigación o reducción de las temperaturas

ambientales lo que puede suponer un a amortiguación directa en el calentamiento global por efecto de los invernaderos.

4.3. Impactos en el paisaje

De acuerdo con la Convención Europea del Paisaje éste se define como: "*toda zona o área tal como es percibida por las personas, cuyo rasgo visual y carácter es resultado de la acción e interacción de factores naturales y humanos*".

El disfrute paisajístico del ser humano, la percepción primigenia del lugar, es esencial para el retorno o la marcha del visitante o habitante por su identificación con valores subjetivos relacionados con la percepción de las áreas que rodean al individuo.

Los principales impactos en el paisaje tienen que ver, como es lógico, con los cambios de uso del suelo, tanto desde el punto de vista agrícola como turístico-urbanístico. En la CCCMM se pueden establecer tres hitos importantes en este sentido.

Un primer momento lo constituye el Trasvase Tajo-Segura. La llegada de las aguas procedentes del Tajo empiezan a ser empleadas en la CCCMM en los abastecimientos urbanos, hasta entonces limitados y limitantes del crecimiento, y se abre así la puerta para el desarrollo, se inicia de esta forma la segunda convulsión espacial asociada a los procesos urbano-residenciales e industriales desde los años ochenta.

El segundo hito es, precisamente, el que tiene que ver con el cambio paisajístico hacia el predominio del uso turístico-residencial. La urbanización con estos fines arranca como un proceso limitado a la fachada litoral (principalmente Mar Menor), en los años sesenta y setenta. En la segunda mitad de los ochenta, debido a los primeros planes de ordenación urbana de la etapa democrática dicho fenómeno se acelerará.

El tercer momento de cambio que traza las mayores transformaciones experimentadas en la CCCMM tendrá lugar en la segunda mitad de los años noventa. La bajada progresiva del precio del dinero y la consolidación de la vivienda residencial vinculada a propietarios foráneos (españoles y europeos), animarán un nuevo "boom" inmobiliario en este territorio, que se mantiene hasta el inicio de la crisis económica global de 2008.

Hemos asistido, pues, a una transformación radical del paisaje, dado que el desarrollo de planes urbanísticos ya no se limita tan sólo a la fachada litoral (saturada en amplios sectores) sino que, también, penetra tierra adentro a costa de los espacios agrarios, que

modifican su uso tradicional para incorporar el urbano (García Alvarado 2000), vinculado a crecimientos como los resorts, o la implantación de áreas residenciales sobre espacios de interés ambiental carentes de alguna figura de protección como el afloramiento volcánico del Carmolí o los aledaños a la sierra de Carrascoy.

En el contexto de urbanización, el paisaje juega un doble papel. En primer lugar, como resultado, el paisaje tradicional se vuelve más artificial (comunidades residenciales, equipamientos, áreas industriales y comerciales, campos de golf) y, en segunda instancia, como factor explicativo, el paisaje puede provocar un mayor grado de urbanización a causa de su explotación, existe una intención paisajística. En cualquier caso, esto se traduce en una sobrevaloración del los inmuebles, que dependerá de la cantidad y la calidad de los entornos, bien creados o bien naturales paisajísticos.

Por otra parte, como consecuencia de la alta proliferación de invernaderos, en la comarca analizada, se ha producido una importante transformación paisajística. Hasta finales de los años 70 y principios de los 80, la agricultura en la comarca se caracterizaba por ser de carácter tradicional, en su mayor parte de secano, siendo el regadío existente limitado y sustentado por los aportes de acuíferos extraídos mediante pozos. En la actualidad, una gran parte de la superficie comarcal (3.032 ha), está ocupada por estas estructuras. En la Figura 4.25 de este capítulo se muestra la distribución general de los invernaderos en la comarca en los años 1981 y 2011, y en estas imágenes se puede apreciar la importante transformación del espacio, en un periodo de 30 años. Algunos autores como Antón Vallejo (2004) califican a este tipo de agricultura como un brutal atentado al paisaje.

En el año 2011, se muestra casi un completo predominio de los invernaderos sobre el terreno, mostrándose una evidente zonificación en los municipios localizados al norte de la comarca, lo que da lugar a una heterogeneidad del paisaje. Casi un tercio de la superficie del suelo se encuentra ocupada por invernaderos y el aspecto que presenta es el de una inmensa capa blanca de plástico. El paisaje tradicional, ha quedado sustituido por la visión de una capa continua de plásticos. En la figura 4.97 se muestra cual era el estado de los cultivos en los años 50 y 80 del siglo pasado y 2017, en los alrededores del Cabezo Gordo, sector central de la comarca.

En la comarca del Mar Menor el análisis realizado en el cambio de las características espacio-temporales en el uso del suelo, es esencial para comprender y evaluar las consecuencias ecológicas de la urbanización, de ese análisis debe partir, la toma de

decisiones apropiada. Una de las formas de obtener información de la degradación del suelo y por ende del paisaje es el método combinado de teledetección y medición, que pueden revelar y revelan las variaciones espacio-temporales mas significativas y evolución de los paisajes en tiempos distintos (Derng, 2009)

Por otro lado, la intensificación agrícola afecta negativamente la diversidad biológica y los recursos del suelo, normalmente a través de diferentes mecanismos. El uso excesivo del recurso agua y del recurso suelo, afectan negativamente tanto a urbanismo como a agricultura a través de mecanismos comunes, requiere una comprensión concreta del lugar y de los distintos agentes que intervienen y generan procesos de degradación del suelo y, por tanto, del paisaje que en la mayor parte de los casos no son reversibles.

Deberían buscarse formas de conciliar la intensificación de la agricultura y el crecimiento urbanístico con la conservación del medio y, por tanto, del paisaje (Detsis, 2010), pero no es tarea fácil.

Cuando se urbaniza una determinada zona, ya sea agrícola o rural, el impacto nunca llega a desaparecer. El uso de tierras agrícolas para la construcción de viviendas o infraestructuras acarrea un impacto que suele ser permanente, y sólo en algunas ocasiones reversible, pero con un coste muy elevado. En Europa, España y más concretamente en el área de este estudio (CCCMM), la actividad constructora, ha tenido una enorme expansión, especialmente a lo largo de la costa y en torno a las ciudades o poblaciones principales, haciéndose característico un desarrollo urbano aparentemente descontrolado. Lo que ha propiciado la expansión de numerosas canteras, muchas de ellas adyacentes a importantes zonas protegidas (Cabezo Gordo), durante mucho tiempo en la comarca, la idea ha sido "construir, como sea y donde sea, aunque en principio no sea legal".

Las poblaciones del área del Mar Menor, albergan un patrimonio histórico y cultural único, heredado de las generaciones anteriores, que forman parte también del paisaje y del atractivo turístico. Las sociedades, evidentemente evolucionan, por lo que se hace necesario cambiar las ciudades en muchos aspectos, aunque se debería guardar la esencia de la tradición de las poblaciones. La venta del territorio es en parte la venta de nuestra historia y tradiciones, en muchos casos también irrecuperables. Tal vez debiera existir una obligación legal y moral con nuestra historia minimizando el impacto de la degradación del suelo y, por tanto, del paisaje, regenerando los pueblos y ciudades existentes y aplicando acciones hacia la sostenibilidad.

Se trata de que asimilemos que es un espacio imprescindible para nuestras vidas no renovable (Lefebvre, 2010). En la CCCMM, recientemente, la actividad turística ha sido transformadora de muchos núcleos de población. La función “Turística”, pieza clave de la economía en algunos países y comarcas, afecta a pequeñas localidades que se ven, en muchos casos, desbordadas por una masiva afluencia de turistas, personas ajenas a las poblaciones originales y que modifican de forma radical las culturas y usos del suelo anteriores a su llegada, lo que ocurre en la comarca con denominado turismo de segunda residencia, concentrada hasta la actualidad en la franja costera aunque en los últimos tiempos, está cambiando la ubicación de las urbanizaciones, alejándose de la costa en las proximidades de la sierra litoral de la comarca, alterando de nuevo un paisaje que hasta el año 2003 era virgen. En el área de estudio, el turismo sostenible entendido como "todas las formas de desarrollo turístico, gestión y actividad que mantienen la integridad ambiental, social y económica, así como el bienestar de los recursos naturales y culturales a perpetuidad" (Federación de Parques de Nacionales y Naturales, FNNP, 1993), prácticamente es inexistente. Desde las administraciones se sabe que según dice la Carta del Turismo sostenible, realizada en Lanzarote en 1995, "El turismo es una actividad ambivalente, pues puede aportar grandes ventajas en el ámbito socioeconómico y cultural, y contribuye al mismo tiempo a la degradación del medio ambiente y a la pérdida de la identidad local".

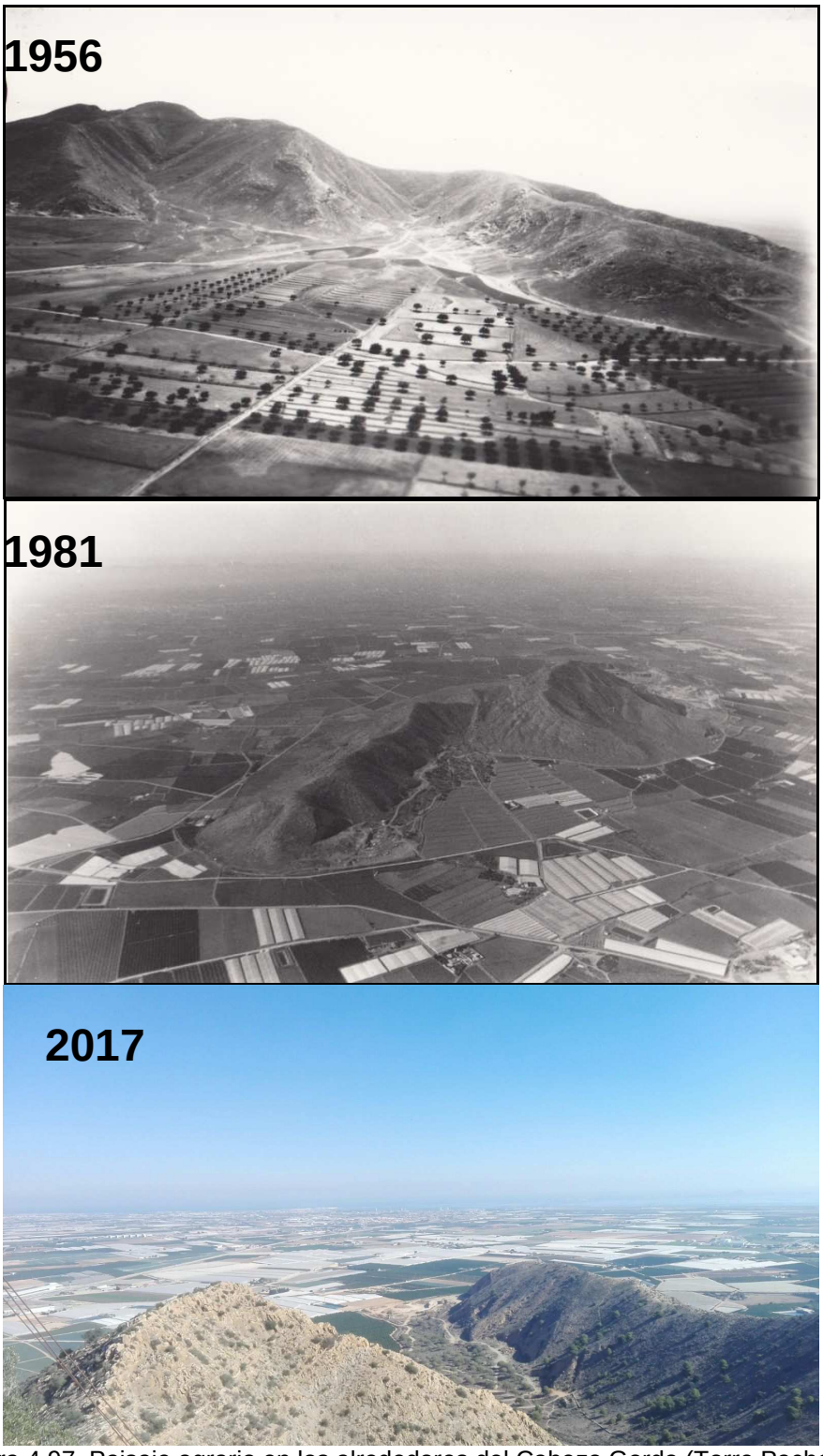


Figura 4.97. Paisaje agrario en los alrededores del Cabezo Gordo (Torre Pacheco). Fuente: Academia General del Aire (1956, 1981) y propia (2017).

4.4. Impactos en el Mar Menor

Las acciones antrópicas ejercidas en la comarca que nos ocupa y que tiene como límite natural el Mar Menor, han dado lugar a una serie de consecuencias que, aunque científicamente previsibles, nunca hasta ahora habían sido tenidas en cuenta de manera seria por las administraciones. Tan sólo en los últimos años, y por el riesgo de destrucción que amenaza a la laguna del Mar Menor y con ella una de sus fuentes de riqueza, el turismo, parece que las autoridades habían comenzado a actuar aunque de forma leve, pues se habían realizado algunas acciones que se iniciaban a principios de verano y se terminaban en el mes de septiembre. En 2016, debido a la desastrosa situación en la que se encontraba el Mar Menor, con continuas protestas de la población (Figura 4.98), la administración comenzó a tomarse más interés en los problemas que tenía la laguna, aunque pasado un año, no se observan grandes actuaciones y las condiciones prácticamente no han mejorado.



Figura 4.98. Presión ciudadana ante el estado del Mar Menor en el verano de 2016. Fuente: La Verdad, 13-06-2016.

Los principales problemas que han llevado al Mar Menor a la situación en la que se encuentra están muy relacionados con los temas tratados en esta tesis: la agricultura (aunque en nuestro caso sólo hemos analizado la que se realiza bajo invernaderos), y el crecimiento urbanismo expansivo, relacionado con el turismo (Conesa et al., 2007).

El enclave natural de esta comarca es singular, se trata de una albufera o "lagoon" marino conocido como el "Mar Menor" y sobre él que recaen tanto en su interior como en todo su perímetro y riberas, leyes y normas de protección internacional. Desde octubre de 1994 está incluido con el número 706 en la lista RAMSAR (1982) para la protección de humedales de especial interés. Además el Mar Menor es LIC (Lugar de Importancia Comunitaria), ZEPA (Zona de Espacial Protección para las Aves) en cumplimiento de la Directiva del Consejo de las comunidades europeas 79/409/CEE, de 2 de abril se 1979, Resolución de 8 de mayo de 2001 (BORM nº 114, de 18.05.01) y ZEPIM (Zona especialmente Protegida de Importancia para el Mediterráneo.

Uno de los principales problemas que tiene el Mar Menor, es que con la llegada de las aguas del trasvase Tajo-Segura se han puesto en regadío (tanto al aire libre como en invernaderos) una amplísima superficie, y tras la implantación de estos regadíos llegan a la laguna los residuos líquidos generados por la agricultura, mediante las escorrentías tanto superficiales como subsuperficiales. Los vertidos que provienen de la actividad agrícola del regadío intensivo, asociados al lixiviado de cantidades crecientes de herbicidas, fertilizantes, fungicidas, etc. alcanzan al Mar Menor, a través de los drenajes de las ramblas que desembocan, principalmente por el cauce del Albujón, recolectando gran parte de las aguas de escorrentía del Campo de Cartagena. Dicha rambla, en otro tiempo sin agua, en la actualidad mantiene un flujo regular (Figura 4.99) debido a los cambios en las prácticas agrícolas (Pérez Ruzafa y Marcos, 2005). Es la misma rambla que en los acontecimientos extraordinarios de lluvias intensas deriva la mayoría de las aguas de avenidas hacia el Mar Menor (Figura 4.100). Hoy en día ya no es solamente esta rambla la que mantiene aguas permanentes, algunos otros cauces que parten de la Sierra del Puerto (en al cabecera de la CCCMM en su sector norte), llevan también agua durante la mayor parte del año (Figura 4.101), mientras, en sus cabeceras se han desarrollado urbanizaciones y campos de golf.



Figura 4.99. Rambla del Albujón en su desembocadura al Mar Menor con aguas permanentes.



Figura 4.100. Desembocadura de la Rambla del Albujón en el Mar Menor en el episodio de lluvias intensas de Diciembre de 2016.



Figura 4.101. Aguas permanentes en una rambla (Cañada Torremolina) de la cabecera de ramal en la rambla de la Maraña. Sierra del puerto.

Los fertilizantes, sobre todo nitratos y compuestos de fósforo, suponen un riesgo importante tanto para la salud humana como para el medio natural, donde pueden desencadenar procesos de eutrofización. El aumento de la superficie de regadío ha generado un notable aumento de la entrada de nitrógeno y fósforo de origen agrícola al Mar Menor en las últimas décadas, hasta situarse en la actualidad en unos valores medios anuales en torno a las 2.000 toneladas anuales en el caso del nitrógeno y 60 toneladas anuales en el caso del fósforo, cifras muy importantes si se considera el volumen de la laguna, su grado de confinamiento y el origen oligotrófico de sus aguas (Martínez Fernández y Esteve Selma, 2005). El periódico regional de mayor tirada "La Verdad", se ha hecho eco en numerosas ocasiones del estado de la laguna del Mar Menor, como en el artículo que se adjunta (Figura 4.102) titulado "antibióticos sin receta para el Mar Menor" (publicado en el año 2014), lo que pone de manifiesto todos los vertidos que llegan al Mar Menor por diferentes vías, y que finalmente han ocasionado el colapso del mismo.

Por otra parte, los nitratos de los fertilizantes disueltos en el agua se han convertido en alimento para algunas especies de medusas (Cotylorhiza tuberculata y Rhizostoma pulmo), lo que les ha llevado a instalarse y a reproducirse con gran intensidad en el Mar Menor. En algunos años (verano de 1997) se han alcanzado cifras de hasta 40 millones

de individuos en toda la laguna, con una densidad de 12 individuos por 100 m^3 (Pérez Ruzafa y Marcos, 2005), precisamente cuando la actividad turística del Mar Menor y su entorno es máxima, de modo que los efectos negativos de dicha proliferación sobre la calidad del baño, las actividades recreativas y la imagen turística del Mar Menor son considerables.



Jueves 04.12.14
LA VERDAD

MUNICIPIOS | 23

Antibióticos sin receta para el Mar Menor

Pesticidas, hidrocarburos y fármacos entran a la laguna por vía subterránea, el aire y las ramblas

MIGUEL ÁNGEL RUIZ
Twitter: @maruizlv

SAN PEDRO DEL PINATAR. Mirar por primera vez una gota de agua bajo el microscopio es toda una experiencia; analizar su contenido puede deparar importantes sorpresas. Si esa minúscula muestra líquida se ha recogido en el Mar Menor, uno puede encontrarse con sustancias tan poco bienvenidas en un espacio natural protegido como hidrocarburos, pesticidas y medicamentos, que entran a la laguna principalmente por la Rambla del Albujón pero también a través de otros cauces menos importantes, por el aire y también de forma subterránea. Un cóctel contaminante que tiene sus consecuencias en el ecosistema, como se puso ayer de manifiesto en la segunda y última sesión de las Jornadas Científicas del Mar Menor, con las que el Instituto Español de Oceanografía (IEO) ha celebrado su centenario en su centro de San Pedro del Pinatar.

De un fármaco como la Azitromicina (un antibiótico de uso común) se han llegado a recoger hasta cuatro kilos al año, aunque la vía de entrada al Mar Menor de este medicamento ya está clausurada: los caudales de la depuradora de Los Alcázares ya no se desvían a la laguna porque se aprovechan para el regadío después de un tratamiento adecuado, explica a 'La Verdad' Víctor M. León, investigador del IEO y coautor de varios estudios sobre la entrada de contaminantes a este humedal y sus efectos sobre su equilibrio ecológico.

Diferentes informes presentados ayer revelan el vertido de insecticidas y herbicidas (hasta 9 y 7 kilos al año, respectivamente) por la Rambla del Albujón, identificada como el principal foco de polución porque vierte cada año hasta siete hectómetros de aguas cargadas de nitratos y fosfatos procedentes de la agricultura intensiva del Campo de Cartagena, según datos de la Comunidad Autónoma. Cortar este 'río' inmundo es una prioridad para el Gobierno regional, según una estrategia de gestión para el Mar Menor que prevé la canalización del drenaje agrícola hasta la desalobradora de San Pedro del Pinatar, desde donde se arrojará al Mediterráneo mediante un emisario submarino.

Vista de la desembocadura de la rambla del Albujón. :: A. GIL / AGM

El DDT contamina el humedal a pesar de llevar más de 40 años prohibido

Almejas con estrés

El aporte de estas aguas 'químicas' a la laguna no sale gratis; si un estudio de Francisco Robledano, Pablo Farinós y María Francisca Carreño expuso el martes los efectos del cambio ambiental sobre las aves (como la desaparición de especies como la serreta mediana y la irrupción de los oportunistas cormoranes), ayer se demostró el estrés sufrido por unas almejas procedentes de la zona norte de la laguna (la mejor conservada) que se fondearon en la desembocadura de la Rambla del Albujón: bastaron tres semanas para comprobar su mal estado.

También inquieta saber que el Mar Menor sigue recibiendo pesticidas organoclorados como el DDT, «que se prohibieron hace cuarenta años», informa Víctor M. León, lo que evidencia la gran persistencia de determinados elementos en el medio físico; y llama la atención conocer, a través del profesor de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) José Álvarez-Rogel, la alta concentración de metales que sufre el saladar de Lo Poyo (por las escorrentías procedentes de la Sierra Minera), con niveles similares al entorno de la mina de Aznalcóllar, en la provincia de Sevilla.

'Los pies en la tierra', el blog del medio ambiente : lospiesenlatierra.laverdad.es

Figura 4.102: Artículo publicado en el periódico de La verdad (04-12-2014) sobre os vertidos que llegan al Mar Menor por diferentes vías.

En el año 2016 la situación se hizo insostenible, la proliferación de medusas y algas microscópicas debido a los aportes de nutrientes y fitosanitarios a través de los desagües de las depuradoras y de los regadíos, han convertido a la laguna del Mar Menor en una

especie de sopa toxica (Figura 4.103), que la inhabilita para el placido baño y la relajación.



Figura 4.103. Estado de las aguas del Mar Menor en Agosto del 2016.
Fuente: Elaboración propia.

De forma resumida a continuación citamos los daños sufridos por el Mar Menor consecuencia de: (i) la actividad turística, (ii) agraria, (iii) explotaciones mineras, (iv) residuos urbano-industriales y (v) agresiones paisajísticas.

(i) *La actividad turística*

Tal como ocurre en algunas otras áreas del litoral mediterráneo, el desarrollo turístico de La Ribera del Mar Menor y La Manga ha alcanzado niveles ciertamente espectaculares, que han transformado inexorablemente la fisonomía natural que este peculiar espacio presentaba hace tan sólo unos años.

Según la digitalización realizada de las riberas del Mar Menor, de los 32.590 m de costa interior del Mar Menor, 19.006 m se encuentran urbanizados, lo que representa un 59 %, y 13.584m, sin edificar lo que representa el 41%. Los municipios cuyas aguas baña el Mar Menor son Los alcázares, Cartagena, San Javier y San Pedro del Pinatar. Los datos de estos municipios respecto a la línea de costa de sus municipios es la siguiente:

Los Alcázares con 6884m de riberas marmenorenses, 4.829 m están urbanizados, lo que representa el 70 %, con una profundidad constructiva hacia el interior de 1900 m, los restantes 2.055 m (30 %), están sin urbanizar, de ellos 1.352 m, corresponden a la base militar de Los Alcázares, y 703 m, a paisajes protegidos denominados como “Espacios abiertos del Mar Menor, Playa de la Hita”, cercana a la pista del aeropuerto de Murcia/ San Javier, la profundidad constructiva hacia el interior es de 1900 m de media. Mencionar la desaparición de las salinas de los alcázares en favor de una urbanización en la ribera norte del municipio (figura 4.104).



Figura 4.104. Salinas de Los Alcázares 2011 y 1956

Cartagena de los 17.081 m de ribera marina en el mar menor, 8.272 m (48%), se encuentran construidos con una profundidad urbanizadora de 847 m de media, el resto 8.809 m (52 %), no construidos, pertenecen a la base militar continuidad de Los Alcázares y el resto de Espacios abiertos protegidos del Mar Menor.

San Pedro del Pinatar, con 2.086m de costa continental en el Mar Menor, tiene construido el 100% de su costa, con una profundidad media edificada de 2000 m.

San Javier con 6.539 m, posee urbanizada 3819 m (58 %) y 2.720 m (42%), sin urbanizar, con una profundidad media de urbanización de 1900 m. La zona no construida corresponde a la AGA (Academia General del Aire), y el aeropuerto de Murcia-San Javier.

Como elementos básicos de este desarrollo turístico pueden señalarse la expansión de la oferta que se ha producido a través de la creación de una infraestructura de alojamientos dentro de la cual predominan ampliamente los apartamentos, chalets, y bungalows en urbanizaciones turísticas y, en menor medida, las viviendas de utilización turística en

núcleos de población. No obstante, existe una fortísima estacionalidad, que se limita a los meses de verano.

(ii) *La actividad agraria*

El impacto que la actividad agraria ejerce sobre el ecosistema terrestre de este lugar se produce, fundamentalmente, por la modificación de las características físicas del suelo, así como por la alteración sufrida en sus cualidades químicas a causa de la utilización generalizada de agroquímicos y aguas salobres en el regadío. Según Pérez Ruzafa (2005) la utilización intensiva de productos agroquímicos, es lo que determina las importantes modificaciones de la estructura biológica del ecosistema.

La utilización de abonos minerales y nitrogenados (Martínez-Fernández 2005), así como plaguicidas pueden penetrar en las cadenas tróficas del ecosistema del Mar Menor, acumulándose en la materia orgánica presente en el agua o en los lodos del fondo. De aquí pasan a toda la cadena trófica, en primer lugar a los invertebrados, de éstos a los moluscos, crustáceos, peces, y por último al hombre que los consume.

Está claro, además, que el vertido de las aguas residuales de la agricultura se hace directamente al Mar Menor a través de la Rambla de El Albujón o de la escorrentía subsuperficial (La Verdad de Murcia 10 de mayo de 2016)

(iii) *Las explotaciones mineras de la Sierra de Cartagena*

El impacto que la actividad minera de la zona Portmán-La Unión ejerce sobre el ecosistema terrestre y marino, es de una gran importancia debido tanto a la acción física movilizadora de ingentes cantidades de áridos, como a la contaminación que los escombros mineros producen sobre la zona. La contaminación de la actividad minera afectó tanto a las laderas vertientes a la laguna como a ella misma, siendo trascendental, dadas sus características geográficas y ecológicas (Simoneau, 1973). Por lo tanto, el impacto que los vertidos procedentes de la zona minera ejercen sobre el sistema lagunar es de gran importancia, la cual se acrecienta al contribuir a acelerar el proceso de colmatación de la laguna. Los vertidos de metales pesados provenientes de la sierra minera de Cartagena-La Unión, se traduce en una contaminación muy elevada de los lodos y fauna de fondo y, en menor grado, en la fauna piscícola.

El proceso de colmatación de la laguna aunque tiene un origen natural, a lo largo de la historia, hay que señalar que, el hombre ha contribuido a acelerarlo en gran medida, en especial, en las últimas décadas a través de las actividades económicas desarrolladas en

sus riberas o en la cuenca de la CCCMM. La comarca aquí analizada esta recorrida por diversas ramblas y ramblizos, secos prácticamente durante todo el año, pero que tras lluvias intensas se llenan de agua y arrastran grandes cantidades de sedimentos, que van a depositarse al Mar Menor, ocasionando la colmatación progresiva del mismo, hecho que se viene produciendo desde la época de su formación. No obstante, las actividades recientes de origen antrópico como la deforestación generalizada, las actividades mineras, las actividades agrícolas, las actuaciones con finalidad turística, urbanizaciones, carreteras, resorts, campos de golf, y la reducción de los limites lagunares por terreno ganado al mar y especialmente por la creación de las playas actuales (renovadas año a año), ha hecho que el proceso de colmatación del Mar Menor se haya acelerado. Si en los años ochenta del siglo pasado la profundidad del Mar Menor era de 7 metros, en la actualidad está en torno a 6 metros.

(iv) *Residuos urbanos-industriales*

La desmesurada urbanización de la comarca así como los innumerables kilómetros de infraestructuras de carreteras, hace que materia orgánica, coliformes fecales, hidrocarburos (gasolinas, aceites minerales, detergentes, etc.) sean los tres agentes más contaminantes como consecuencia del vertido de residuos urbanos (Pereira et al 2016), e industriales. Aunque los vertidos urbanos ya no se producen en la misma cuantía que en décadas pasadas, debido a que todas las poblaciones tienen depuradoras de aguas residuales, si es cierto que la superficie del terreno urbanizada hace que en los momentos de lluvias fuertes, se produzca un lavado de las superficies selladas por la urbanización masiva, desplazándose al Mar Menor por la acción de la pendiente. Aunque en los últimos años se han puesto en funcionamiento grandes depósitos de pluviales (tanques de tormentas), para recoger las escorrentías urbanas en muchos de los municipios ribereños, las recientes lluvias de finales de año 2016 y principios de 2017 han demostrado su escaso poder de contención. Esto se une a que en esos momentos de lluvias extremas, los alcantarillados se colapsan y debido a la fuerza interna por el efecto de los vasos comunicantes, hacen saltar las tapas del alcantarillado, haciendo salir al exterior todo tipo de inmundicias que van a parar a la laguna. Finalmente y cada vez en menos ocasiones, en la época estival, cuando la afluencia de turistas a la laguna es mayor, las depuradoras se colapsan y drenan sus sobrantes al Mar Menor, vía aeropuerto en el caso de San Javier, vía rambla del Albujón en el caso de los Alcázares.

En la Imagen (4.104) se ha representado el Mar Menor y sus riberas con los drenajes que le llegan de: a) áreas urbanas y turísticas, b) actividades agrarias, c) minería y d) residuos

urbanos.

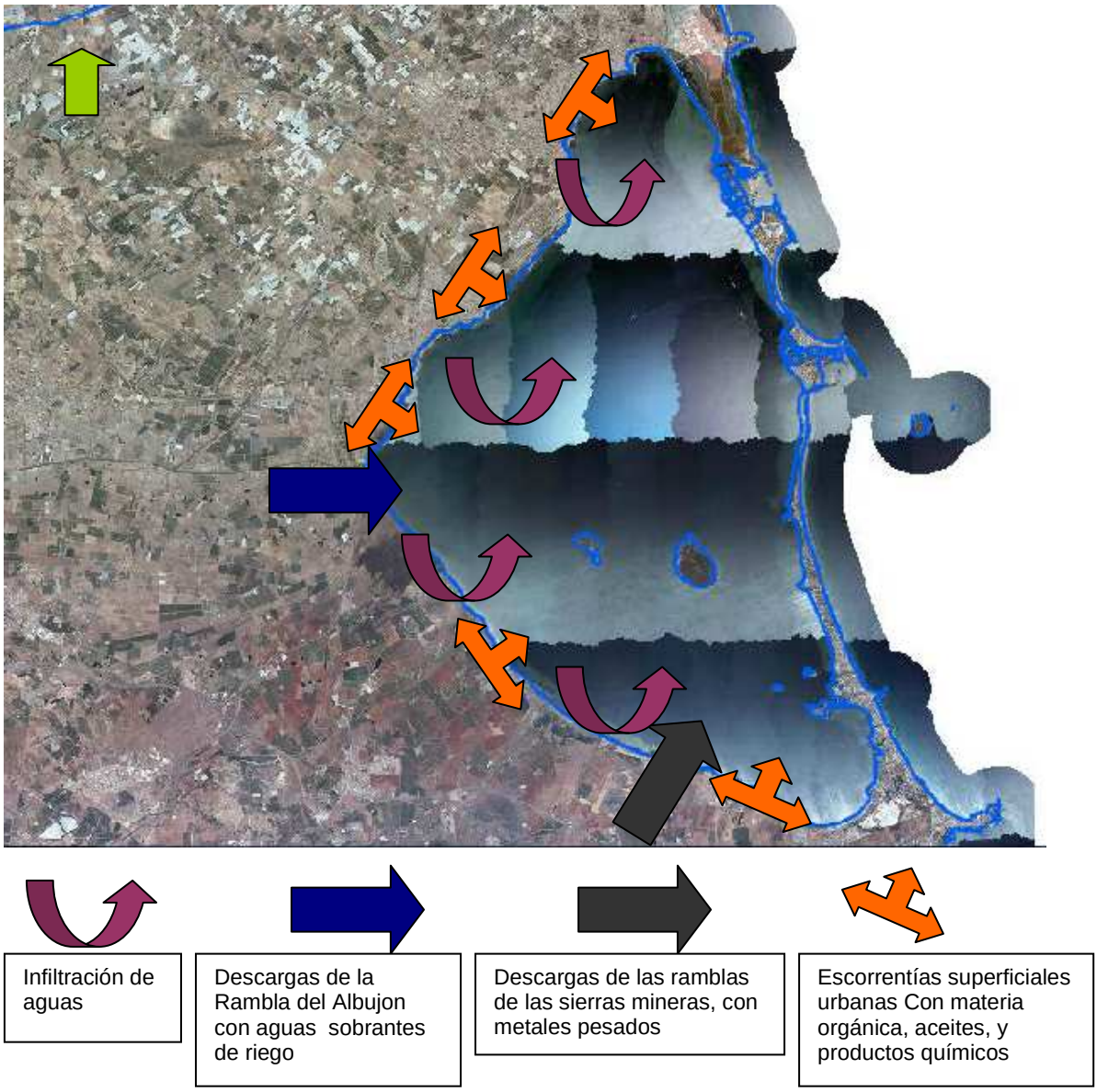


Figura 4.105. Principales flujos de entradas en el Mar Menor. Elaboración propia. Basado en **(22).** Escala aproximada 1:300000

(v) Agresiones paisajísticas

Los paisajes son uno de los aspectos que más se han visto modificados en los últimos años. Las poblaciones de la Ribera en San Javier, Lo Pagan en San Pedro del Pinatar y Los Alcázares, han cambiado su fisonomía por completo. En algunos lugares las nuevas tipologías de construcciones, con edificios de mas de 15 plantas de altura, han supuesto una ruptura del perfil existente en el pasado, siendo las islas del Mar Menor o las Salinas de San Pedro del Pinatar, las que aún permanecen más o menos intactas. Las riberas naturales del Mar Menor han desaparecido por completo ante la creación de playas artificiales, lo que ha llevado también a la destrucción de muchos de los típicos

balnearios. Todo ello ha motivado que el Mar Menor haya perdido parte de su identidad paisajística.

En definitiva, la naturaleza, por motivos prácticos o estéticos, ha estado de alguna forma presente en las ciudades pero es actualmente cuando necesitamos integrarla, la contaminación de la laguna del Mar Menor debido a no haber tenido en cuenta la relación entre urbanismo agricultura y medio ambiente, por motivos económicos o simplemente de inconsciencia, ha tratado más bien de desafiar a la naturaleza, ahora el costo que se ha de asumir parece hacerse inviable.

Decreto-Ley sobre el Mar Menor de 6 de abril de 2017

Ante la grave situación en la que se encuentra el Mar Menor, en la fase final de elaboración de esta tesis, el 6 de abril de 2017 ha salido publicado un Decreto-Ley en el Boletín Oficial de La Región de Murcia, en relación con las medidas urgentes a realizar en el entorno del Mar Menor con el objetivo de garantizar la sostenibilidad. Este hecho nos ha llevado a incluir una breve reseña del mismo.

El Decreto-Ley se promulga ante la necesidad y urgencia de intensificar las acciones de protección del Mar Menor, procurando una mayor sostenibilidad ambiental de las actividades que se realizan en el entorno. El Decreto-Ley tiene por objeto la adopción de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad de las actividades en el entorno del Mar Menor y la protección de sus recursos naturales, mediante la eliminación o reducción de las afecciones provocadas por vertidos, arrastres de sedimentos y cualesquiera otros elementos que puedan contener contaminantes perjudiciales para la recuperación de su estado ecológico. Para ello se ha establecido una zonificación del área vertiente al Mar Menor según su influencia (Figura 4.105), y en cada zona se establecen toda una serie de medidas a aplicar, siendo mucho más estrictas en la zona 1, por estar más cerca de la laguna.

Entre las medidas figura la prohibición con carácter general de que lleguen vertidos al Mar Menor. Los vertidos de aguas pluviales solo serán posibles en aquellos casos en que no resulte viable su eliminación por otros medios, debiendo los ayuntamientos realizar las inversiones encaminadas al cumplimiento de este objetivo, con el apoyo financiero de la Comunidad Autónoma que contempla la disposición adicional tercera.

Del mismo modo se establecen determinadas prácticas agrarias en función de las zonas donde se encuentren, el establecimiento de barreras vegetales y toda una serie de

normativas en relación con los fertilizantes, abonos y fechas de aplicación. Se prohíbe la aplicación de todo tipo de fertilizantes en la zona de servidumbre de protección del dominio público marítimo terrestre (100 metros medidos tierra a dentro desde el límite interior de la ribera del mar). En consecuencia, no es posible en dicha zona la existencia de cultivos, excepto los invernaderos y leñosos ya implantados.

El artículo 11, trata específicamente de la recogida de agua de los invernaderos y se indica que se establecerán estructuras de recogida de aguas de lluvia en invernaderos con cubierta plástica, quedando excluidos de esta obligación los invernaderos que posean una superficie inferior a 0´5 ha, con multas de una cuantía importante si esto no se hiciera.



Figura 4.106. Zonificación del área vertiente al Mar Menor según su influencia.
Fuente: BORM nº 80 (6 de abril de 2017). Decreto-Ley n.º 1/2017, de 4 de abril, de medidas urgentes para garantizar la sostenibilidad ambiental en el entorno del Mar Menor.

Además se mencionan las siguientes obras hidráulicas a realizar: (i) Programa de depósitos de laminación de desbordamientos de sistemas de saneamiento en poblaciones; (ii) Actuaciones correctoras frente al riesgo de inundaciones de las urbanizaciones litorales; (iii) Programa de filtros verdes en la cuenca vertiente del Mar Menor; (iv) Programa de actuaciones para el vertido cero en el Mar Menor; (v) Actuaciones del Programa de Medidas del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura

2015-2021 en la cuenca vertiente del Mar Menor competencia de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

En definitiva, la Comunidad Autónoma parece que está por la labor de intentar solucionar algunos de los problemas que han causado el estado actual del Mar Menor, pero consideramos que no será nada fácil. Las necesidades de la agricultura de regadío actual (en invernaderos o al aire libre) y el mantenimiento de la laguna no son muy compatibles. Para pedir soluciones y ante la situación actual, los días 5 y 6 de abril, los agricultores del Campo de Cartagena con cientos de tractores han colapsado la ciudad de Murcia, impidiendo su funcionamiento normal y el acceso a la ciudad en coche, pero seguro que no serán las únicas acciones que emprendan.

4.5. Impactos del cambio climático en la CCCMM

En las últimas décadas algunos territorios, por sus condiciones fisico-ambientales y la escasa adaptación a los mismos durante su ocupación, se han convertido en regiones-riesgo, con alto grado de vulnerabilidad de su población ante el desarrollo de episodios extremos, como las inundaciones. Es el caso de España, reconocido como uno de los países europeos con mayor grado de riesgo frente a peligros de la naturaleza (Saurí et al., 2011) y, particularmente, a inundaciones. Desde la segunda mitad del siglo XX, el acelerado desarrollo experimentado ha provocado que este territorio pase a ser un escenario de actuaciones que, en la búsqueda del progreso colectivo, no se valoraron, en más ocasiones de las deseables, la exposición de personas, bienes y servicios al peligro con la consiguiente mayor frecuencia de episodios de inundación con efectos negativos para la población (Gil-Guirado et al., 2014; Gil-Guirado, Pérez y Barriendos, 2014).

Algunos autores atribuyen un máximo protagonismo a la influencia del cambio climático antrópico para explicar este aumento y aventuran escenarios pesimistas que comienzan a dar signos de evidencia en forma de fenómenos atmosféricos cada vez más violentos y frecuentes (Bruce 1999; Mills 2005; Höppe and Grimm 2009). Otros defienden la idea del factor social como principal responsable de los efectos catastróficos de los episodios de lluvia extraordinarios (Easterling et al., 2000; Bouwer et al., 2007, Barredo, 2009; IPCC 2012). Según ello, el riesgo ante episodios de inundación se habría incrementado en los últimos lustros, debido a la plasmación territorial de actuaciones humanas poco acordes con los rasgos del medio y ello habría provocado un aumento del sellado del suelo con la consiguiente ampliación de zonas inundables y, por ende, de lugares expuestos al peligro (Pérez et al., 2016).

La posible relación entre calentamiento térmico planetario e incremento de episodios de inundación, no resulta fácil, y menos en la región climática mediterránea donde el desarrollo de este tipo de episodios ha formado siempre parte importante de sus rasgos climáticos. La variabilidad natural del clima puede conducir a aumentos en pérdidas económicas, lo cual es consistente con las proyecciones del cambio climático; sin embargo, lo anterior no debe ser interpretado como una manifestación de estas proyecciones (Bouwer, 2011). Tal y como señala Kundzewick et al. (2014) hay fuertes variaciones a escala regional y subregional que reducen la confianza en las tendencias. En el caso del sur de Europa, y en concreto, en la región mediterránea, la mayoría de las investigaciones (Benito et al., 2005; Turco y Llasat, 2011; Gallego et al., 2011; Benito y Machado, 2012; Cortesi et al., 2012), concluyen que, hasta el momento presente, no se observa ninguna tendencia al incremento de lluvias torrenciales con efectos de inundación durante los últimos años.

Por encima de ellos, lo que resulta evidente es que el incremento de pérdidas económicas por inundaciones es el resultado de la interacción entre los fenómenos meteorológicos extremos y los procesos socio-económicos, configurando un sistema dinámico complejo de difícil interpretación (Berkes y Folke, 1998). De acuerdo a las recientes publicaciones sobre tendencias en cuanto pérdidas económicas motivadas por inundaciones (Barredo, 2007; Barredo, 2009; Neumayer y Barthel 2011), parece más lógico centrar la atención en el factor humano. Se trata de fuertes evidencias científicas que justifican que el mencionado incremento venga probablemente asociado, por un lado a la mayor exposición de las sociedades debido a que han aumentado su ocupación en territorios sensibles de ser afectados por el peligro de inundación (Elmer et al., 2012) y por otro, a que dichas zonas inundables hayan crecido en superficie debido al sellado producido por esa acentuación en la ocupación.

Además, en lo que se refiere a los impactos que el cambio climático puede producir en la comarca estudiada, relacionados con el aumento del nivel del mar, según el informe coordinado por Moreno Rodríguez (2005), en las zonas costeras, los principales problemas del cambio climático en España se relacionan con el posible ascenso del nivel medio del mar. Las previsiones del IPCC sobre el aumento del nivel del mar para fin de siglo, se han ido reduciendo según se disponía de datos más fiables desde 50-90 cm (IPCC 1998) a 13-68 cm (IPCC 2001). Los valores de INQUA (International Union for the Study of Quaternary Sea-Level Change and Coastal Evolution Commission) y del IGCP (International Geosciences Programme Projects 369 and 437) son aún más modestos: 10-20 cm **(23).**

Ante una subida generalizada del nivel medio del mar las zonas más vulnerables son los deltas y playas confinadas o rigidizadas. Esto podrá causar pérdidas de un número importante de playas. Buena parte de las zonas bajas costeras se inundarán, parte de las cuales puede estar construida (Moreno Rodríguez, 2005). Y entre las zonas con mayor riesgo se indica la Manga del Mar Menor y, por tanto, toda la ribera interior del Mar Menor (perteneciente a la comarca estudiada por nosotros), que al encontrarse a la misma cota de altitud, se prevé que también se verá afectada. Más aún si, como se ha puesto de manifiesto en nuestro estudio, toda la ribera del Mar Menor ya se encuentra totalmente urbanizada y con una densidad alta de viviendas y población.

La vulnerabilidad de toda la Ribera interior del Mar Menor, perteneciente a la CCCMM, se corresponde básicamente con la presencia de estructuras o bienes con valores monetarios de mercado que representen un "capital sujeto a daños" **(23)**. Es decir en las áreas potencialmente anegables de forma permanente o intermitente, se podría ver afectado, tanto el valor de los terrenos como el de los cultivos edificios o infraestructuras presentes en los mismos.

El análisis de daños probables debe tener en cuenta dos aspectos, tanto las posibles pérdidas de "capital" (daños en infraestructuras o edificios pérdida de terrenos etc.), cómo las pérdidas debidas a las perturbaciones que puedan afectar a las distintas actividades económicas (como puede ser el turismo). Lo primero es más fácil de abordar, pues se refiere a elementos fijos existentes en el territorio, mientras que lo segundo plantea muchas más incertidumbres, especialmente teniendo en cuenta la gran dificultad de hacer previsiones en relación con las actividades económicas a varias décadas vista.

El trabajo de Cendrero Uceda et al. (2005), constata cómo el proceso degenerativo del litoral comenzó a raíz del desarrollo turístico y económico en los años 60, afectando en particular a la urbanización de La Manga del Mar Menor, y aunque en este informe no se menciona, también afectó a la ribera interior del Mar Menor (estudiada en esta tesis).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del estudio realizado se desprende que el sellado del suelo antropogénico, objeto de estudio en esta tesis, es un problema de gran trascendencia a nivel mundial, y año a año en expansión, a costa, en la mayoría de los casos, de tierras fértiles que difícilmente se podrán recuperar.

La preocupación mundial y europea se pone de manifiesto por la gran cantidad de estudios que en los últimos años se vienen realizando, en particular de los impactos ecológicos, ambientales, sociales y políticos que lleva consigo el sellado del suelo y que recientemente se están poniendo de manifiesto. Pese a ello, consideramos que las investigaciones llevadas a cabo en el mundo, en relación con el sellado de suelos, son insuficientes. Es necesario seguir investigando sus efectos, proponer medidas de mitigación, desarrollar indicadores válidos que evalúen la eficacia de las estrategias por un lado, y promulgar leyes eficaces (de riguroso cumplimiento) para su planificación y gestión.

En España, los estudios realizados sobre sellado del suelo son escasos y se han centrado en la capital y su área de influencia, y en el litoral mediterráneo. Si bien es cierto que son estas las áreas que, por el momento, poseen mayor superficie sellada, consecuencia del efecto del turismo y la construcción masiva que, en las últimas décadas, se ha venido haciendo.

Una de estas áreas de urbanismo expansivo es la comarca del Campo de Cartagena - Mar Menor, analizada en esta tesis. Su cálido clima y su localización cercana al Mar Menor, hasta ahora un mar privilegiado por su entorno, sus aguas y la posibilidad de desarrollar en él numerosos deportes acuáticos, ha sido reclamo para muchos turistas nacionales, y especialmente extranjeros, para los que se realizaron la mayor parte de las construcciones existentes en la actualidad. No obstante, el estado actual en el que se encuentran gran partes de ellas, al no haberse cumplido las expectativas con las que se proyectaron, debido fundamentalmente a la crisis económica, es muy lamentable y en ocasiones en abandono. Lo que no impide que el daño por sellado de los suelos (antes suelos fértiles) ya esté hecho.

La justificación del área de estudio en esta tesis viene dada porque en ella en las últimas décadas tuvieron lugar dos acontecimientos de trascendental importancia que cambiaron

drásticamente las condiciones socio-económicas de este territorio. Por un lado, el turismo con sus necesidades (nuevas construcciones para viviendas y buenas vías de comunicación), y por otro, la llegada del agua del Trasvase Tajo - Segura que ha cambió la agricultura tradicional por otra intensiva, en la que entran en juego la implantación de invernaderos.

Como sellado del suelo, aunque tradicionalmente sólo se incluyen las superficies construidas para diversos fines y las vías de comunicación asfaltadas, no obstante, nosotros hemos considerado también las superficies ocupadas por invernaderos, por el hecho de que constituyen superficies impermeables que impiden la infiltración del agua en el suelo y entrar en el sistema natural del ciclo hidrológico.

Del estudio llevado a cabo mediante fotointerpretación de ortofogramas de distintas fechas (1956, 1981 y 2011) y análisis SIG, en superficies urbanizadas, resort, vías de comunicación e invernaderos, se ha estimado una superficie sellada en la comarca de 128 km^2, lo que constituye una superficie muy importante. La evolución del sellado en los años de control indican que el sellado representaba en 1956 el 1% del territorio, aumentado al 3% en 1981 (correspondiendo un 2% a urbanizado y un 1% a invernaderos), produciéndose un incremento espectacular en 2011 hasta alcanzar el 16% (10% por urbanizado y 6% por invernaderos). Si consideramos el sellado total de los municipios destaca Los Alcázares con un 40% de superficie sellada, seguido de San Pedro del Pinar con un 36% y San Javier con un 30%. A pesar de que estos municipios son pequeños, las cifras de sellado son realmente muy altas.

De reseñar son también las tipologías de viviendas existentes en la comarca, con un altísimo porcentaje de viviendas secundarias y vacías. Las viviendas secundarias representaban en el año 2011 (fecha del último censo) el 70% del total de viviendas en el municipio de Los Alcázares (81% en 2001) y el 60% en San Javier (71% en 2001). Por lo que respecta a las viviendas vacías (consecuencia de la construcción desaforada y especulativa), considerando las existentes en toda la Región de Murcia, casi el 50% estaban en la comarca analizada, destacando Torre Pacheco como el municipio de toda España, mayor de 20.000 habitantes, con mayor porcentaje de viviendas vacías (35,9%).

En definitiva el sellado del suelo en la comarca del Campo de Cartagena - Mar Menor, se ha producido por acción antropogénica, debido al crecimiento urbanístico tan espectacular, el desarrollo de las infraestructuras que ha corrido paralelo al de las nuevas urbanizaciones, el desarrollo turístico y la agricultura intensiva (gran parte bajo

invernaderos), creando un autentico entramado de carreteras, autovías, autopistas y caminos de servicio.

Atendiendo a los impactos que el sellado del suelo ha producido en la comarca se han distinguido dos tipos de impactos: (i) los derivados de las superficies construidas y (ii) los derivados de la instalación de invernaderos. Respecto a los primeros, sin duda, los más importantes están relacionados con el aumento de las escorrentías y consecuencia de estas las avenidas e inundaciones que la comarca sufre, en particular en los últimos años, y como ejemplo más representativo son de citar las inundaciones que tuvieron lugar en diciembre de 2016 en Los Alcázares y San Javier. Las imágenes incluidas en la tesis hablan por sí solas. Por otra parte, los impactos derivados de la instalación de invernaderos, aunque evidentemente incrementan las escorrentías por las superficies plásticas impermeables, sus principales efectos medioambientales están más relacionados con la contaminación de suelos y aguas que estos producen y que, con posterioridad, son llevados por las escorrentías al Mar Menor.

Y tratando ahora la situación actual del Mar Menor, aunque en gran medida las causas de los problemas que arrastra el Mar Menor se sitúan en la agricultura, hay que mencionar que algunos otros son debidos al sellado. Al incrementarse las escorrentías llegan al mar todo tipo de vertidos (líquidos, sólidos, contaminantes...) que son arrastrados por las aguas, junto con todos los vertidos urbanos (por el incremento de población) que no siempre se depuran.

El rápido proceso de crecimiento que se ha operado en el área y que ha generado profundas modificaciones en la estructura e imagen espacial de la comarca, así como la posibilidad de que este proceso de crecimiento se mantenga o incluso se supere, depende de la incertidumbre que planea sobre sus dos sectores actuales básicos: la agricultura y el turismo.

Uno de los aspectos a destacar es la nula planificación territorial y ordenación del territorio en la comarca del Mar Menor y laguna salada del mismo nombre. Muchas de las problemáticas que ahora nos ocupan no existirían, o su magnitud seria menor si se hubiera tenido en cuenta el funcionamiento de la comarca como “un todo”, y no las suma de partes políticamente separadas. De ahí que la necesidad en la ordenación del territorio sea doble: (i) En primer lugar para contribuir a la identificación de la problemática espacial del sistema natural y del sistema de relaciones sociales así como de sus relaciones de condicionamiento recíproco; (ii) y en segundo lugar, para permitir el diseño de normativas

y pautas a aplicar por los diferentes actores y agentes que desarrollan su actividad en el territorio y de las actuaciones a emprender por las administraciones. Por lo que cabría decir que desde los años 50 del siglo pasado hasta la actualidad, las administraciones han podido incurrir en dejación de sus funciones, hasta llegar al estado actual de acontecimientos.

Como recomendaciones nos atrevemos a plantear las siguientes:

- El área en estudio se debe definir como una unidad socio-territorial básica de referencia, a la hora de enfrenarse a nuevos proyectos territoriales, pues el territorio está en este caso íntimamente interrelacionado, afectando las actuaciones de unos municipios en el territorio de los colindantes o más lejanos, incluida la laguna del Mar Menor. Por lo tanto, debe considerarse a todos los efectos una unidad territorial.

- El cambio socioeconómico que ha llevado a las cifras de sellado actuales en la comarca, deben tener un seguimiento oficial de identificación, evaluación y control, así como de las consecuencias medioambientales que esas actuaciones tienen en el medio natural, tanto marino como terrestre.

- La agricultura intensiva debe evolucionar a través de propuestas, formación y financiación hacia alternativas agrícolas encaminadas a la reutilización de las aguas, captación de aguas sobrantes y, si fuese posible, el cultivo hidropónico.

- Derivada del sellado de los suelos y de la agricultura intensiva es la afectación que el ecosistema marino del Mar Menor ha sufrido por todas las actuaciones realizadas en la comarca y que están inducidas directa o indirectamente con el sellado de sus suelos, y que pone en peligro la viabilidad económica del turismo en sus riberas. Por ello se hace necesario una normativa específica tanto para el sellado como para el tipo actual de agricultura implantada en la comarca.

- El aumento de las escorrentías, consecuencia del sellado del suelo, hacia las poblaciones litorales y por ende a la laguna del Mar Menor, arrastrando diversidad de contaminantes y materia orgánica, etc., debería controlarse por los ayuntamientos mediante actuaciones para la recogida de aguas pluviales. La recogida de las aguas pluviales supondría, menor agua de escorrentía en época de lluvias intensas con peligro de inundaciones, menor entrada en el Mar Menor y un posible aporte para la agricultura de regadío de la comarca.

- La eliminación de los residuos de todo tipo que produce la agricultura de invernaderos debe de tener una regulación específica y con control de cumplimiento. En la actualidad, las costumbres de muchos agricultores basadas en un aprovechamiento máximo de los recursos al mínimo coste, hace que plásticos, nutrientes, pesticidas etc., contaminen suelos y aguas, en un autentico caos ambiental. Así mismo la eliminación de los residuos roza en muchos casos la ilegalidad con la quema incontrolada de plásticos, envases y restos vegetales.

- El sellado por urbanizado debería cesar paulatinamente y retomar la puesta en marcha de programas encaminados a renovar y modernizar el mercado viviendas viejas abandonadas o en desuso que inundan los cascos urbanos, evitando de esta forma una expansión urbanística mayor.

- Se debería mantener virgen la línea de costa, libre de construcciones, recuperando parajes naturales y antiguas industrias como las salineras (actualmente abandonadas), dotándolos de arbolado y especies vegetales autóctonas.

- El mar de invernaderos, alejan toda la vida silvestre de las zonas que ocupan, creando territorios completamente cubiertos de materiales plásticos, por lo que se deberían configurar corredores verdes que unieran toda la comarca como atractivo paisajístico, cultural y turístico pudiendo ser un intento de recuperación de especies desaparecidas o en peligro.

Según indica la EEA (2003) la inclusión de aspectos medioambientales en los objetivos de planificación espacial de las políticas territoriales sería una de las mejores herramientas para la reducción de los efectos negativos de la urbanización incontrolada. Estos procedimientos han conducido, entre otras decisiones, a la adopción de medidas como la reutilización y recuperación de áreas urbanas degradadas o abandonadas, al uso racional y sostenible del suelo limitando en lo posible el sellado de zonas verdes y la adopción de determinados objetivos orientados a reducir los efectos de los excesos urbanísticos en determinados países como Dinamarca, Alemania y Reino Unido.

En cuanto a las opciones para resolver o mitigar los problemas de sellado habría que contemplar diferentes medidas como las propuestas por Burghardt (2006): **(i) Políticas** (elaboración de una convención sobre la restricción del consumo de suelos; **(ii) planificación y toma de decisiones** (uso controlado de la tierra y crecimiento de las ciudades, utilizar solo suelos de menor fertilidad y con escaso valor de hábitat, necesidad

de pruebas y documentación pública de la necesidad de sellar y sus efectos, reutilización de terrenos urbanos abandonados para zonas de asentamiento); **(iii) Fiscales** (pago de los recursos naturales perdidos, pago de los costos sociales y de salud relacionados con áreas selladas, fondos para reestablecer los suelos cuando ya no exista la razón de sellar); **(iv) Técnicas** (sellado sin excavación y transporte del suelo, cambiar las líneas de producción y el almacenamiento de horizontales a verticales, construcciones ligeras movibles prefabricados desmontables, avance del comercio electrónico.

Es cierto que la población vive cada vez más en las ciudades y que no podemos volver a tener caminos de tierra, por ello se deben de arbitrar políticas de ordenación territorial específicos para cada área y establecer leyes que se cumplan, para que en un futuro no sólo tengamos cemento, asfalto o plástico en nuestros suelos. Como ya ha sido demostrado, el sellado del suelo conduce a la disminución de la permeabilidad al agua, aumento de las escorrentías, incremento de inundaciones, pérdida del recurso suelo, pérdida de biodiversidad, reducción de la capacidad del suelo para actuar como sumidero de carbono o aumento potencial de la desertificación, entre otros muchos impactos. En nuestras manos está el poner freno a todo esto.

Cerrada ya esta tesis nos ha llegado una carta que hemos considerado oportuno mencionar aquí. Se trata de la carta presentada el 22 de abril de 2017, Día de la Tierra, por la iniciativa Peple4soil y que hace referencia al objetivo de la ONU de “detener globalmente la degradación de las tierras en 2030” y se dirige a la Comisión Europea, pidiendo que tome parte en este tema, ya que las políticas europeas ejercen una profunda influencia en los suelos del resto del mundo. El llamamiento fue lanzado por los organizadores de la Iniciativa Ciudadana Europea “People4Soil”, en nombre de las 500 organizaciones que están promoviendo la petición de la ICE en Europa **(24).** Piden al presidente de la CE, Claude Juncker, que detenga la degradación de las tierras y elabore un marco jurídicamente vinculante que cubra las principales amenazas del suelo.

En Europa hay 170 millones de hectáreas de suelos agrícolas, lo que equivale aproximadamente al 39% del territorio de la UE. No obstante, esta superficie es insuficiente para suministrar alimentos y materias primas al mercado europeo, que necesita el doble de la superficie agrícola cultivada.

En los últimos 50 años, la superficie cubierta por asentamientos e infraestructuras en Europa se ha duplicado hasta alcanzar los 20 millones de hectáreas, el doble de la superficie de Hungría. Por no mencionar todas las otras amenazas del suelo: 3 millones

de sitios contaminados, 10 millones de hectáreas gravemente dañadas por la erosión y 14 millones en riesgo de desertificación. Si realmente queremos que la comunidad europea detenga la degradación del suelo, debemos partir de un marco común: **"Se necesita urgentemente una legislación para proteger los suelos".**

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

VI. REFERENCIAS

1. Referencias bibliográficas

AEMA, 2010. El medio ambiente en Europa: Estado y perspectivas 2010 – Síntesis. Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague.

AEMA, 2012. Directrices sobre mejores prácticas para limitar, mitigar o compensar el sellado del suelo .Comisión europea. Bruselas. SWD(2012) 101 final/2

AEMA, 2015. El medio ambiente en Europa: Estado y perspectivas 2015 – Informe de síntesis. Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague.

Aguilar, A.P. Valera, A., Año, C., Sánchez J. (2006): Urban growth dynamics (1956-1998) in Mediterranean coastal regions: The case of Alicante, Spain. Desertification in the mediterranean region. a security issue Colección: NATO Science for Peace and Security Series C-Environmental Security 3: 325.

Alcalde, F. (2000): Riesgo de inundaciones inducido por la agricultura intensiva bajo plástico. V Congreso Nacional de Medio Ambiente, Madrid.

Alcalde, F. (2003): Residuos de las actividades agrícolas. Documentación del Máster en Consultoría Medioambiental, Grupo Najarra Lencom, Granada.

Aledo, A., Mazón, T., Mantecón, A. (2007): La insostenibilidad del turismo residencial. Antropología y turismo: claves culturales y disciplinares., pp. 185-208.

Álvarez, G. (2003). Efectos de las infraestructuras lineales de transporte. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente. Revista El Ecologista nº 37.

Andrés Sarasa, J. L. (2004): Incertidumbres en el espacio agrícola y proceso urbanizador (Resort), en la región de Murcia. Cuadernos de Turismo 14: 7-65.

Añó, C. y Sánchez, J. (2003): Orientaciones de Uso Agrario. Una metodología para la planifi cación de usos del suelo en la Comunidad Valenciana. Biblioteca de Ciencias 5, Consejo Superior de Investigaciones Científi cas, Madrid, 129 pp.

Añó Vidal, C., Pascual Aguilar, J. A., Sánchez Díaz, J. (2005): Capacidad de uso y sellado antropogénico del suelo en la franja litoral de la provincia de Castellón. Investigaciones Geográficas 38: 65-77.

Antón Vallejo, M. A. (2004): El invernadero mediterráneo. En Utilización del Análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo. Universidad Politécnica de Cataluña, 23-42.

Arshad, M.A. y Martin, S. (2002): Identifying critical limits for soil quality indicators in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment, 88, pp. 153-160.

Arribas-Bel, D., Nijkamp, P., Scholten, H. (2011): Computers Environment and Urban Systems. 35: 63-275.

Artmann, M. (2013a): Spatial dimensions of soil sealing management in growing and shrinking cities- A systemic multi scale analysis in Germany. Erdkunde 67 (3): 249–264.

Artmann, M. (2013b): Driving forces of urban soil sealing and constraints of its management-the cases of Leipzig and Munich (Germany). Journal of Settlements and Spatial Planning 67, (3): 249–264.

Artmann, M. (2014a): Assessment of soil sealing management responses, strategies,and targets toward ecologically sustainable urban land use management. Ambio, 43(4), 530–541.

Artmann, M. (2014b): Institutional efficiency of urban soil sealing management – From raising awareness to better implementation of sustainable development in Germany. Landscape and Urban Planning 131: 83- 95.

AUSUR (2003). Cultura, paisajes y Sociedades en el eje de Desaarrollo Territorial del Bajo Segura y Campo de Cartagena.ISBN.84-607-8124-0. 390 pp.

Baartman, J.E.M., Temme, A.J., Veldkamp, T., Jetten, V.G., Schoorl, J.M. (2013): Exploring the role of rainfall variability and extreme events in long-term landscape development. Catena 109: 25-38.

Baños Páez, P. (2010): Urbanización y Desertificación. En P. Sánchez Vera y A. Riella (Eds.) Globalización y perspectivas de la integración regional. Editum, 133-150.

Barbero Sierra, C., Marques, M.J., Ruiz-Pérez, M. (2013): The case of urban sprawl in Spain as an active and irreversible driving force for desertification. Journal of Arid Environment, 90: 95-102.

Barredo J.I. (2007): Major flood disasters in Europe: 1950-2005. Nat Hazards 42: 125-148.

Barredo, J. I. (2009): Normalised flood losses in Europe: 1970–2006. Natural Hazards and Earth System Science, 9 (1): 97-104.

Barredo, J. I., Sauri, D., Llasat, M. C. (2012): Assessing trends in insured losses from floods in Spain 1971–2008. Natural Hazards and Earth System Science, 12 (5): 1723-1729.

Baus, P., Kovác, U., Pauditsováb, E., Kohutkováb, I., Komorník, J. (2014): Identification of interconnections between landscape pattern and urban dynamics. Case study Bratislava, Slovakia. Ecological Indicators. G. Model Ecoind, 1767: 8 pp.

Belmonte Serrato, F., Romero Díaz, A., Rupérez Tirado, E., Moreno Brotóns, J. (2011): El impacto de la agricultura intensiva en el uso turístico de las playas de Marina de Cope (Murcia). Cuadernos de Turismo 27: 23-38.

Benito García, R., Machado, M. J. (2012): Floods in the Iberian Peninsula. In Z. W. Kundzewicz, ed. Changes in flood risk in Europe. IAHS Special Publications 10. Wallingford: IAHS Press and CRC Press/Balkema, 372-383.

Benito, G., Barriendos, M., Llasat, C., Machado, M., Thorndycraft, V. (2005): Impacts on natural hazards of climatic origin, in: A Preliminary Assessment of the Impacts in Spain due to the Effects of Climate Change, edited by: Moreno Rodríguez, J. M., Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 507–528.

Berkes, F., Folke, C. (1998): Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. En: Berkes, F.; Folke, C. (Eds.), Linking Social and Ecological Systems (págs. 1-25). Cambridge: Cambridge University Press.

Bernard, G. (2011): Supporting elected representatives in the preservation of agricultural land suggestions for a methodological guide. Master Thesis. Norwegian University of Life Sciences, 84: 12-24.

Biasioli, M., Barberis, R., Ajmone, F., (2006): The influence of a large city on some soil properties and metals content. Science direct 356: 154–164.

Blanquer, D. (2002); El golf. Mitos y razones sobre el uso de los recursos naturales; Tirant Lo Blanch; Valencia; 358 pp.

Blum, W. E. H. (1998): Soil degradation caused by industrialization and urbanization. In H.P. Blume, H. Eger, E. Fleischhauer, A. Hebel, C. Reij y K.G. Steiner (eds.), Towards sustainable land use: furthering cooperation between people and institutions. Catena Vol. I. Advances in GeoEcology 31: 755-766.

Blum, W.E.H (2006): Urban and Peri-Urban Environments: Emerging Frontiers in Soil and Water Conservation. E.S.S.C. Newsletter 3: 16–23, Wolverhampton/UK.

Blum, W.E.H., Büsing, J., Montanarella, L. (2004): Research needs in support of the European thematic strategy for soil protection. Trac. TrendsAnal. Chem 23: 680–685.

Borrego Domínguez, S; (2002); Campos de Golf y Turismo; Junta de Andalucía; Consejería de Turismo y Deporte; Turismo Andaluz, S.A.; 271 pp.

Bouwer, L. M. (2011): Have disaster losses increased due to anthropogenic climate change?. Bulletin of the American Meteorological Society, 92 (1): 39-46.

Bouwer, L. M., Crompton, R. P., Faust, E., Hoppe, P., and Pielke Jr., R. A. (2007): Disaster Management: Confronting Disaster Losses, Science, 318, 753 pp.

Box Amoros, M., Morales Gil, Alfredo. (1993): Barrancos y ramblas: su incorporación al entramado urbano en el sureste peninsular. Investigaciones Geográficas 11: 153-169.

Brotons, L. Y Herrando, S. (2001). Reduced bird occurrence in pine forest fragments associated with road proximity in a Mediterranean agricultural area. Landscape and Urban Planning, 52: 77-89.

Bruce, J. P. (1999): Disaster loss mitigation as an adaptation to climate variability and change. Mitigation Adapt. Strategies Global Change, 4: 295–306.

Buhaug, H., Urdal, H. (2013): ¿An urbanization bomb?. Population growth and social disorder in cities. Global Environmental Change 23: 1-10.

Burghardt, W. (2009): Soil Sealing – the Looser by Economic Players. Needs and Ways of the Implementation in the European Strategy for Soil Protection. en G. Tóth & T. Németh (Eds.), Land Quality and Land Use Information in the European Union, 151- 172.

Burriel, E.L. (2008). La década prodigiosa del urbanismo español (1997-2006). Scripta Nova, vol. XII, nº 270 (64). On line: http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-270/sn-270-64.htm

Caballero Pedraza, A., Romero Díaz, A., Soto Espinosa, I. (2015): Cambios paisajísticos y efectos medioambientales debidos a la agricultura intensiva en la Comarca del Campo de Cartagena-Mar Menor (Murcia). Estudios geográficos Vol. LXXVI, 279: 473-498.

Changnon, S. A., Pielke Jr, R. A., Changnon, D., Sylves, R. T., Pulwarty, R. (2000): Human Factors Explain the Increased Losses from Weather and Climate Extremes. Bulletin of the American Meteorological Society, 81 (3): 437-442.

Camacho Olmedo, M.T. (1996): Cartografía de los paisajes erosivos de la Sierra de la Contraviesa (provincias de Granada y Almería). Universidad de Granada, Granada.

Campillo, J.A., Albentosa, M., Valdés, N.J., Moreno-González, R., León, V.M. (2013): Impact assessment of agricultural inputs into a Mediterranean coastal lagoon (Mar Menor, SE Spain) on transplanted clams (Ruditapes decussatus) by biochemical and physiological responses. ScienceDirect. Aquatic Toxicology. 142-143: 365-379.

Campiotti, C.**,** Viola, C., Alonzo, G., Bibbiani, C., Giagnacovo, G., Scoccianti, M., Tumminelli, G. (2012): Sustainable greenhouse horticulture in Europe. Journal of sustainable energy 3 (3).

Campra, P. (2011): Climate change - research and technology for adaptation and mitigation. Global and local effect of increasing land surface albedo as a geo-engineering adaptation/mitigation option: a study case of mediterranean greenhouse farming. InTech 23: 453-474.

Campra, P. (2012): Amortiguación directa del calentamiento global por los invernaderos situados en Almería. Universidad de Almería. Aula Abierta 2 pp.

Canakci, M., Emekl, N. Y., Bilgin, S., Caglayan, N. (2013): Heating requirement and its costs in greenhouse structures: A case study for Mediterranean region of Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews 24: 483-490.

CARTOMUR. Enlace del Servicio de Cartografía de la Región de Murcia. Disponible en http://www.cartomur.es

Casado, M.A. (2006): Retiring to Spain: An Analysis of Differences among North European Nationals. Journal of Ethnic and Migration Studies, vol. 32 (8), pp. 1.321-1.339.

Castilla, N. (1998): Condiciones ambientales en invernaderos no climatizados. Tecnología de invernaderos II: 163-177.

Catalán, B., Saurí, D., Serra, P. 2008. Urban sprawl in the Mediterranean? Patterns of growth and change in Barcelona Metropolitan Region 1993-2000. Landscape and Urban Planning, 85, 174-184. http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.11.004

CEC (2016): Communication from the Commission to the council, teh European Parliament, the European economic and social committee of the regions. Thematic Strategy for Soil Protection. Commission of the European Communities. COM(2006). Bruselas.

Cerreta, M., De toro, P. (2012): Urbanization susceptibility maps: a dynamic spatial decision support system for sustainable land use. Earth Syst. Dynam. Discuss., 3: 1159–1190.

Chen, J. (2007): Rapid urbanization in China: a real challenge to soil protection and food security. Catena 69: 1-15.

Chen, M., Weidong, L., Xiaoli, T. (2013): Evolution and assessment on China´s urbanization 1960-2010: ¿Under-urbanization or over-urbanization?. Habitat International 38: 25-33.

Cobos, J. J., López, J.C. (1998): Filmes plásticos como material de cubierta de invernadero. Tecnología de invernaderos II: 143-160.

Comisión Europea (2012): Directrices sobre mejores prácticas para mitigar o compensar el sellado de suelo. Documento de Trabajo. Bruselas, 15.5.

Conesa García, C. (1990): El Campo de Cartagena. Clima e hidrología de un medio semiárido. Universidad de Murcia, Ayuntamiento de Cartagena y Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena. Murcia, 450 pp.

Conesa, H. M., Jiménez-Cárceles, F. J. (2007): The Mar Menor lagoon (SE Spain): A singular natural ecosystem threatened by human activities. Marine Pollution Bulletin 54: 839–849

Cortesi, N., González-Hidalgo, J. C., Brunetti, M., Martin-Vide, J. (2012): Daily precipitation concentration across Europe 1971–2010. Natural Hazards and Earth System Science, 12 (9): 2799-2810.

COST. (Cooperation in the field of Scientific and Technical Research) 341 Action. (2003). “Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure“.IENE. The European Comunities.

Costa Mas, J., Canales Martínez, G. (1980): El cultivo en invernadero y la comercialización agraria en Orihuela y Campo de Cartagena. Cuadernos de Geografía, 27, pp. 173-202.

Cotec (2009): Invernaderos de plástico. Fundación Cotec para la información tecnológica. Documentos Cotec sobre oportunidades tecnológicas nº 26. Madrid, 102 pp.

CREM (varios años). Anuarios estadísticos de la Región de Murcia. Centro Regional de Estadística de Murcia. On line: http://www.carm.es/econet/

Crespí, S., Pérez-Martínez, M., Cuesta, M. J., Cabrera, J. A., García, A., Millán, R. (2007): Procesos de degradación del suelo. Unidad de prospectiva y vigilancia tecnológica. CIEMAT. Grupo de conservación y recuperación de suelos contaminados, 89 pp.

Davies, Z.G., Edmondson, J.L., Heinemeyer, A., Leake, J.R., Gaston, K.J. (2011): Mapping an urban ecosystem service: quantifying aboveground carbon storage at a city-wide scale. Journal of Applied Ecology, 48, 1125-1134.

De Tomás, A., Salas, J., Santos, C., Garzón, A., Moreno, V. (2010): Estimación del sellado se suelo mediante técnicas de análisis espectral. Serie Geográfica 16: 81-92.

Deng, J.S., Wang, K., Hong, Y., Qi, J.G. (2009): Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. Landscape and Urban Planning 92: 187-198.

DGT. (2014): Ministerio del Interior Dirección General de Tráfico, Subdirección general de Intervención y políticas viales unidad de intervención educativa. www.dgt.es Coordinación DGT: Catálogo general de publicaciones oficiales: http://publicacionesoficiales.boe.es. 30 pp.

Do Campo, A.M. (2011): Evaluación de suelos sellados en el Campo de Cartagena. PFC de Ciencias Ambientales. pp. 99.

Doran, J.W., Sarrantonio, M. y Liebig, M.A. 1996. Soil Health and Sustainability. Advances in Agronomy Vol. 56. Academic Press, Inc. San Diego, California

Doran, J.W., & Zeiss, M.R. (2000). Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. Applied Soil Ecology, 15, 3-11.

Dos Santos, T, O., De A. Moura, G., Da silva, B., De Oliveira, L.M.M., Machado, C.C.C. (2013): Influence of urbanization on land surface temperature in Recife city. Eng. Agríc., Jaboticabal, 33 (6):1234-1244.

Dosch, F. (2001): Land consumption and soil sealing in Germany - monitoring, measures, indicators. Technical Workshop on Indicators for Soil Sealing. Copenhagen, 26–27.

Dugord, P.A., Lauf, S., Schuster, C., Kleinschmit, B. (2014): Land use patterns, temperature distribution, and potential heat stress risk – The case study Berlin, Germany. Computers Environment and Urban Systems 48: 86–98.

Easterling, D. R., Meehl, G. A., Parmesan, C., Changnon, S. A., Karl, T. R. Mearns, L. O. (2000): Climate extremes: observations, modeling, and impacts. Science, 289 (5487): 2068-2074.

Edmondson, J. L., Davies Z. G., Mc Cormack, S. A., Gaston, K. J., Leake, J. R. (2011): ¿Are soils in urban ecosystems compacted?. A city wide analysis. Biology letters 7: 771–774.

EEA (2001): Proceedings of the Technical Workshop on Indicators for Soil Sealing. European Environment Agency. Technical report No 80. 62 pp.

EEA (2002): Proceedings of the Technical Workshop on Indicators for Soil Sealing. European Environment Agency, Copenhagen, 62 pp

EEA (2006): Urban sprawl in Europe, the ignored challenge. Report from the European Environment Agency.

EEA (2009): Usos de suelo. Corine Land Cover. European Environment Agency.

EEA (2010): The European Environment—State and Outlook 2010: Urban Environment. European Environment Agency.

EEA (2011): Analysing and managing urban growth. European Environment Agency.
EEA (2015a): Corine Land Cover, European Environmental Agency. http://www.eea.europa. eu/publications/COR0-landcover

EEA (2015): El suelo cede terreno a las actividades humanas. Agencia Europea de Medio Ambiente.

Effland, W.R., Pouyat, R.V. (1997): The genesis, classification, and mapping of soils in urban áreas. Urban Ecosyst 1: 217-228.

Elmer, F., Hoymann, J., Düthmann, D., Vorogushyn, S., Kreibich, H. (2012): Drivers of flood risk change in residential areas. Natural Hazards and Earth System Science, 12 (5): 1641-1657.

Enne, G., D´Angelo, M., Madrau, S., Zucca, C. (2009): Urbanization and desertification in European mediterranean coastal areas: a case study in North-Western Sardinia (Alghero, Italy). Human Settlement Development. Vol II.

Escudero, R., Sánchez, B., Moral, F. (2010): El proyecto GMES de sellado de suelo como ejemplo de una forma distribuida y colaborativa de abordar proyectos europeos de teledetección. Congreso Nacional de Medio Ambiente Conama10. Ed.Conama.

Espejo Marín, C. (2004): Campos de Golf y medio ambiente, una interacción necesaria. Cuadernos de Turismo 14: 67-111.

Espejo Marín, C. (2008): La electricidad térmica en la Región de Murcia. Estudios sobre desarrollo regional. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia, Murcia, pp 95-129.

Espejo Marín, C. (2011): Innovación para la competitividad turística en La Manga del Mar Menor (Murcia) Cuadernos de turismo, Nº. 27, 2011, págs. 321-340

Español, I. 1998. Las obras públicas en el paisaje. CEDEX, Madrid.

Estevan, A. 2002. Una matanza calculada. El Ecologista, 33: 20-25.

Estoque, R.C., Murayama, Y. (2013): Landscape pattern and ecosystem service value changes: Implications for environmental sustainability planning for the rapidly urbanizing summer capital of the Philippines. Landscape and Urban Planning 116: 60– 72.

European Commission (2005): Soil atlas of Europe. European Soil Breau Network. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 128 pp.

European Commission (2006): Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Estrategia temática para la protección del suelo. 22.9.2006.

European Commission (EC) (2007): Directive 2007/60/CE of the European Parliament and of the Council on the assessment and management of flood risks. 23 October 2007.
Ezquerra Canalejo A., Moreno Cuesta E., Urbano López de Meneses, J. (1998): Proyecto Lacoast. Universidad Complutense. Madrid. Observatorio medioambiental.1: 201-219.

FAO-PNUMA-UNESCO (1980): Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Agricultura y la Alimentación (FAO), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Organización de las Naciones para el Medio Ambiente (UNESCO). Roma, FAO.

FAO (2013): Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops. Principles for Mediterranean climate areas. FAO, Roma 640 pp.

FAO (2015): Soil sealing: status and trends. En Status World´s Soil Resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 130-132.

FAUGT (2008): Medio Ambiente y trabajos en invernaderos. Federación Agroalimentaria de la Unión General de Trabajadores. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, 168 pp.

Fazal, S. (2000): Urban expansion and loss of agricultural land – a GIS based study of Saharanpur City, India. Environment & Urbanization 12 (2): 133-149.

Feranec, J., Soukup, T. (2013a): Artificial surfaces in Europe: Map of changes in 1990-2006. Institute of Geography. Bratislava, Slovakia, Prague, Czech Republic.

Feranec, J., Soukup, T. (2013b): Map presentation of changes in Europe's artificial surfaces for the periods 1990–2000 and 2000–2006. Cent. Eur. J. Geosci. 5(2): 323-330.

Fernández Fernández, M. D. (2003): Programación del riego mediante parámetros climáticos: Cultivos hortícolas bajo invernaderos en el sudeste español. Riegos y drenajes del S. XXI. Número Especial Almería, 44-49.

Fernández García, F. (1998): Criterios específicos en la elección de los sistemas para la recogida de residuos agrícolas procedentes de la agricultura intensiva. Encuentro Medioambiental Almeriense, Instituto de Estudios Almerienses, Almería.

Fernández Marín, E., Aguilera Aguilera, P., Castro Nogueira, H., López Carrique, E. (1998): Residuos sólidos agrícolas. Impactos Ambientales. Encuentro Medioambiental Almeriense. Instituto de Estudios Almerienses, Almería.

Fernández, M.D., González, A.M., Carreño, J., Pérez, C., Bonachela, S. (2007): Analysis of on-farm irrigation performance in Mediterranean greenhouses. Agricultural water management 89: 251-260.

Fernández-Gimeno, L., López-García, M.J. (2015): Expansión urbana del Área Metropolitana de Valencia en el periodo 1984-2011 a partir de imágenes Landsat TM y ETM+. Revista de Teledetección 44:1-14.

Ferraz Young, A. (2013). Urban expansion and environmental risk in the Säo Paulo metropolitan area. State University of Campinas, Sao Paulo, Brazil. Climate Research 57: 73-80.

François, M. (2010). ¿Hacia una región turística y residencial? Murcia, resort de Europa. Investigaciones geográcas, nº 52, pp. 73 – 98.

Friend, J.A. (1992): Achieving soil sustainability. Journal of Soil & Water Conservation, 47 (2), pp. 156-157.

Früh-Müller, A., Wegmann, M., & Koellner, T. (2014): Flood exposure and settlement expansion since pre-industrial times in 1850 until 2011 in north Bavaria, Germany. Regional Environmental Change, 1-11.

Gaja, F. (2008): El «tsunami urbanizador» en el litoral mediterráneo. El ciclo de hiperproducción inmobiliaria 1996-2006. Scripta Nova, vol. VIII, nº 270 (66). On line: http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-270/sn-270-66.htm.

Galdeano Gómez, E., Román Martínez, I., Montoya Lázaro, B. (2002): Producción y comercialización de productos hortofrutícolas bajo plástico. Una referencia a la agricultura intensiva del sureste español. Revista mexicana de agronegocios VI. (11): 421-437.

Gallego, M. C., Trigo, R. M., Vaquero, J. M., Brunet, M., García, J. A., Sigró, J., Valente, M. A. (2011): Trends in frequency indices of daily precipitation over the Iberian Peninsula during the last century. Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984–2012), 116(D2).

García Ayala J. A. (2004). Agua y golf en la región de Murcia. Universidad de Murcia. 17pp.

García Alvarado, J.M. (1997): Propuesta teórico-metodológica para la valoración de la calidad urbano-ambiental. Anales de Geografía 17: 11-25.

García Alvarado, J. M. (2000): Capacidad potencial de uso agrario y urbanización: contribución a la geografía de la sostenibilidad de la región de Madrid. Anales de. Geografía 20: 419-436.

García Alvarado, J. M, Pérez González, M. E. y García Rodríguez, M. P. (2014): Revisión del concepto de sellado de suelos y propuesta de tipología urbana. Anales de Geografía de la Universidad Complutense, 34: 87-103.

García Alvarado, J.M., García Rodríguez, M. P., Pérez González, M. E. (en prensa): Evaluación y medida del sellado de suelos en los Programas de Actuación Urbanística (PAUS) del norte de Madrid (España). Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles.

García Álvarez-Coque, J.M. (2002): La agricultura mediterránea en el siglo XXI. Caja rural intermediterránea. Cajamar. Mediterráneo económico 2. 312 pp.

García Lorca, A. (1999): Tendencias y transformaciones en la agricultura intensiva almeriense. Nimbus 4: 109-128.

García Lozano, M., Escobar Jiménez, I. (2001): Diez años de experiencias en cultivos sin suelo. Gabinete Técnico de la Caja Rural de Granada, Granada.

García Lozano, M., Urrestarazu Gavilán, M. (1999): Recirculación de la disolución nutritiva en las condiciones de los invernaderos de la Europa del sur. Gabinete Técnico de la Caja Rural de Granada, Granada.

García Martínez, M. C. (2009): La adopción de tecnología en los invernaderos hortícolas mediterráneos. Universidad Politécnica de Valencia. Tesis doctoral, 372 pp.

García Martínez, M. C., Caballero, P., Fernández-Zamudio, M.A. (2008): Price trends in greenhouse tomato and pepper and choice of adoptable technology. Spanish Journal of Agricultural Research 6 (3): 320-332.

García Pintado, J., Martínez-Mena, M., Barberá, G.G., Albaladejo, J., Castillo, V.M. (2007): Anthropogenic nutrient sources and loads from a Mediterranean catchment into a coastal lagoon: Mar Menor, Spain. Science of the Total Environment 373: 220-239.

García Rodríguez, M.P., Pérez González, M.E., (2005): Degradación de suelos en Castilla La Mancha: Estudio de áreas piloto mediante teledetección.Observatorio Medioambiental 8: 55-71

García Rodriguez, M. P., Pérez González, M.E. (2007): Changes in soil sealing in Guadalajara (Spain): Cartography with LANDSAT images. Science of the Total Environment 378: 209–213.

García Rodríguez, M. P., Pérez González, M. E. (2010): Aplicaciones de la teledetección en Geografía Física en la Universidad Complutense de Madrid. Serie Geográfica, 16: 9-18.

García Rodríguez, M.P., Pérez González, M.E., (2011): Sellado de fluvisoles en la Comunidad de Madrid. Análisis a partir de imágenes Landsat. Anales de Geografía 31 (2): 125-137.

García Rodríguez, M. P., Pérez González, M. E. (2014): Análisis multitemporal del urbanismo expansivo en el Corredor del Henares. Aportación de las imágenes de satélite. Estudios Geográficos, LXXV, 277: 597-618.

García Rodríguez, P., Pérez González, M.E. (2016a): Mapping of soil sealing by vegetation indexes and built-up index: A case study in Madrid (Spain). Geoderma, 268:100-107.

García Rodríguez, P., Pérez González, M.E. (2016b): Monitoring Soil Sealing in Guadarrama River Basin, Spain, and Its Potential Impact in Agricultural Areas. Agriculture. 6, 7; doi:10.3390/agriculture, 6010007.Article.

García Rodríguez, M.P., Álvarez García, B. (2017): Urban planing and archeological consciente: the impact f soil sealing on archaeological sites. SJSS. Spanish Journal of Soil Science 7 (1)

García Rodríguez, M.P., Pérez González, M.E., Guerra, A. (2014a): Using TM images to detect soil sealing change in Madrid (Spain). Geoderma 214–215: 135-140.

García Rodríguez, M.P., Pérez González, M.E., García Alvarado, J.M., Redondo García, M.M., Sanz Donaire, J.J., Navarro Madrid, A. (2014b): Sellado de suelos a partir de teledetección y SIG: estudio en el Tajo medio-alto. Dpto. Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad Complutense de Madrid, 66 pp.

García Sánchez, A., Artal Tur, A., Ramos Parreño, J.M. (2002): El turismo del Mar Menor: Predominio de la segunda residencia. Cuadernos de Turismo 9: 33-43.

García, A. M., Gadea, R., Muñoz, M. I., Cano, I., González, F. (2004): Diagnóstico de salud laboral en invernaderos agrícolas de Almería. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS). Comisiones Obreras, Madrid.

Gardi, C., Dall'Olio N., Cavallo M. C. (2007): Urbanization Process and Variation of Energy Budget of Land Surfaces. Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Parma, Italy Agron 2: 131-13.

Gardi, C., Montanarella, L., Tóth, G., Palmieri, A., Martino, L., Erhard, M. (2011): The Assessment of Soil Sealing and Land Take in Europe. In G. Tóth & T. Németh (Eds.), Land Quality and Land Use Information in the European Union (pp. 173–186). European Comission, Publications Office of the European Union.

Gil-Guirado, S., Pérez, A. y Barriendos, M. (2014): Increasing vulnerability to flooding in the southern spanish mediterranean coast (1960-2013). En: Hydrological extreme events in historic and prehistoric times, Bonn (Germany).

Gil-Guirado, S., Pérez, A., Lopez, F., Barriendos, M. (2014): Review of flood alert thresholds based on the socioeconomic impact of catastrophic events in the southeastern Spain. En: 4th EMS Annual Meeting and 10th European Conference on Applied Climatology (ECAC). Prague, Czech Republic.

Gil Meseguer, E., Gómez Espín, J.M. (2011): Cultivos bajo cubierta en el Sureste de España. Papeles de Geografía 53-54: 155-170 pp.

Gil Meseguer, E., Gómez Espín J. M. (2014): Los paisajes rurales del Campo de Cartagena-Mar Menor. Del riego itinerante a la factoría bajo cubierta. En F. Molinero (Coord.) Atlas de los paisajes agrarios de España. MAGRAMA, Vol II, pp. 543--552.

Global Soil Forum. (2013): Soil Sealing. Institute for advanced sustainability Studies e.v. IASS. Potsdam.

Gómez, J.E. (2011): Contaminación e Invernaderos. Waste magazine. . http://waste.ideal.es/invernaderos.htm

González Martín, B., Pumares Fernández, P., Rojas Tejada, A.J. (2012): El impacto de la crisis de la construcción en las relaciones intergrupales dentro del sector. Gazeta de Antropología, 28 (2), artículo 02 · http://hdl.handle.net/10481/21962.

González Ortiz, J. L. (2007): Comarca de Cartagena – Mar Menor. En Romero Díaz, A. y Alonso Sarria, F. (Coords.) Atlas Global de la Región de Murcia. La Verdad - CMM S.A. 478-489.

Grupo Ecologista Mediterráneo (1999): Los residuos agrícolas en el Poniente Almeriense. Almería.

Guillaume, G., Gauvreau, B., L'Hermite, P. (2015) : Numerical study of the impact of vegetation coverings on sound levels and time decays in a canyon street model. Science of the Total Environment 502: 22-30.

Harrison, J. (2006): Economic crisis and democratic consolidation in Spain, 1973-82. Working Papers in Economic History, 06-10, 1-33.

Hasse, J. (2007): Using remote sensing and GIS integration to identify spatial characteristics of sprawl at the building-unit level. In V. Mesv (Eds) Integration of GIS and Remote Sensing John Wiley & Sons, Ltd, 17-34.

Henríquez, C., Azocar, G. (2000): Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile. Rev. Geogr. Norte Gd. 36: 61-74.

Hernández Porcel, M. A. (2005): La agricultura intensiva en el contexto territorial del litoral de Almería. En A. Viciana Martínez Lage y A. Galán Pedregosa (Coords.) El Litoral de Almería, caracterización, Ordenación y Gestión de un espacio geográfico. Instituto de Estudios Almerienses, Almería, 4: 53-71.

Höppe, P., Grimm, T. (2009): Rising natural catastrophe losses: What is the role of climate change? Economics and Management of Climate Change: Risks, Mitigation and Adaptation, B. Hansjürgens & R. Antes (Eds.), Springer, 13–22.

Huete, R. (2009): Turistas que llegan para quedarse. Una explicación sociológica sobre la movilidad residencial. Alicante, Universidad de Alicante.

Huete, R., Mantecón, A. (2013): La migración residencial de noreuropeos en España. Convergencia. Revista de Ciencias Sociales, vol. 20, (61), pp. 219-245, Universidad Autónoma del Estado de México.

IGN (Instituto Geográfico Nacional) (2006): SIOSE. Manual de fotointerpretación. Madrid. Ministerio de Fomento. On line: http://www.ign.es/siose/Documentacion/Guia_Tecnica_SIOSE/070322_Manual_Fotointerpretacion_SIOSE_v1_2.pdf.

INE (2012): Instituto Nacional de Estadística. http://www.ine.es/

INE (2013). Notas de Prensa. Censos de Población y Viviendas 2011. Instituto Nacional de Estadística.

IPCC (2014): Climate change 2014: synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Core Writing Team, R.K. Pachauri & L.A. Meyer (Eds.) Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC (2012):. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.

Jacobson, C. R. (2011): Identification and quantification of the hydrological impacts of imperviousness in urban catchments: a review. Journal of Environmental Management 92: 1438-1448.

Jenny, H. (1980): The Soil Resource. Origin and Behavior. Ecological Studies 37, Springer-Verlag, New York, 377 pp.

Jiménez, F. (2009): Building boom and political corruption in Spain. South European Society and Politics, 14 (3), 255-272.

Jiménez Medina, M. P., Peñalver M.J., Peñas Castejón, J.M., Maciá Sánchez, J.F. (2013). Influencia del modelo urbanizador "resort" en los procesos "urban sprawl" y “soil sealing” del levante español: criterios de vulnerabilidad y repercusiones en la Región de Murcia. International Conference Virtual City and Territory. "9° Congresso Città e Territorio Virtuale, Roma, 702-712.

Jones, A., Montanarella, L., Jones, R. (Eds.) (2005): Soil Atlas of Europe. Joint Research Centre and European Soil Bureau Network.

Jones, A., Panagos P.,Barcelo S,. Bouraoi F., Bosco C,. Dewitte O,. Gardi C., Erhard M., Hervas J., Hiederer R., Seffery S., Lukewille A., Marmo L., Montarella L,. Olazabal C., Petersen J.E., Penizek V., Strassburger T., Toth G., Eeckhauk Van Den., Liedekerke Van M., Verheijen F., Viestova E., Yigini Y. (2012): The state of soil in Europe. JRC Reference Reports. European Environmen Agency. European Commission, p. 80.

Jongman, B., Koks, E. E., Husby, T. G., Ward, P. J. (2014): Financing increasing flood risk: evidence from millions of buildings. Natural Hazards and Earth System Science Discussions, 2:137-165.

Kampouraki, M., Wood, G., Brewer, T., (2006): The application of remote sensing to identify and measure sealed areas in urban environments. Proceed. from ISPRS First International Conference on Object Based Image Analysis. OBIA, 5pp. Saltzberg, Austria.

Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F. y Schuman, G.E. (1997): Soil quality: A concept, defi nition and framework for evaluation. Soil Science of American Journal, 61, pp. 4-10

King, R., Warnes, A., Willians, A.M. (2000): Sunset Lives: British Retirement Migration to the Mediterranean. Oxford. Berg

Kimpe, C. R. de; Warkentin, B. P., 1998: Soil functions and the future of natural resources. Advances in Geoecology (31): 3-10

Kron W. (2005): Flood risk Hazard values vulnerability. Water. Int., 30 (1): 58–68.

Kundzewicz, Zbigniew W., et al. (2014): Flood risk and climate change: global and regional perspectives. Hydrological Sciences Journal, 59 (1): 1-28.

Lamptey, B.L., Barron, E.J., Pollard, D. (2005): Impacts of agriculture and urbanization on the climate of the Northeastern United Status. Global and Planetary Change. Science direct 49: 203– 221.

Lefebvre, H. (2010): Reflexiones medioambientales de la expansión urbana 1. Cuadernos Geográficos 46: 293-313.

Lepeška, T. (2016): The Impact of Impervious Surfaces on Ecohydrology and Health in Urban Ecosystems of Banská Bystrica (Slovakia). Soil & Ater Res. 11 (1): 29–36.

Li, J., Deng, J., Gu, Q., Wang, K., Ye, F., Xu, Z., Jin, S. (2015): The accelerated urbanization process: A threat to soil resources in eastern China. Sustainability, 7(6): 7137-7155.

Llasat, M. C., López, L., Barnolas, M., Llasat-Botija, M. (2008): Flash-floods in Catalonia: the social perception in a context of changing vulnerability, Adv. Geosci., 17, 63-70.

López Gálvez, J., Salinas Andújar, J.A. (1998): Efectos ambientales del sistema de cultivo forzado. Encuentro Medioambiental Almeriense, Instituto de Estudios Almerienses, Almería.

López Gálvez, J., Salinas Andújar, J.A. (2001): Efectos ambientales y tecnología en el sistema de cultivo forzado. El sector agrario y agroalimentario de Almería ante el siglo XXI: evolución y perspectiva de nuestra agricultura en el año 2000. Producción integrada: incidencia de las nuevas normativas de residuos de plaguicidas sobre la horticultura almeriense. Madrid, 67-85.

MAAMA (2002): Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos en España (ESYRCE). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid 195 pp.

MAAMA (2013): Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos en España (ESYRCE). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid 166 pp.

Malucelli, F., Certini, G., Scalenghec, R. (2014): Soil is brown gold in the Emilia-Romagna region, Italy. Land Use Policy 39: 350-357.

Martínez Fernández, J., Esteve Selma, M. A. (2005): Estimación de la contaminación agrícola en el Mar Menor mediante un modelo dinámico. Mediterránea. Serie de Estudios Biológicos 18: 8-35

Martínez Menchón, M. (2007): Las ramblas del campo de Cartagena. Problemática ambiental de la laguna del mar menor. Revista Murciana de Antropología 14: 63-76.

Martínez Menchón, M., Senent Alonso, M. (2007): El agua en el Campo de Cartagena. Revista Murciana de Antropología 14: 47-61.

Massaro, A., Pazos, P., Gómez, J. L. Olea, M. F., Rivas, Olea, N. (1999): Impacto de la agricultura intensiva en el Sudeste español: Transformación urbana del medio ambiente. Minería, Industria y Medio Ambiente en la Cuenca Mediterránea.

Matarán Ruiz, A. (2005): La valoración ambiental-territorial de las agriculturas de regadío en el litoral Mediterráneo: el caso de Granada. Tesis Doctoral, Universidad de Granada.

Matarán Ruiz, A. (2006): Análisis de los impactos ambientales producidos por los invernaderos. Residuos 94: 66-77.

Matellanes Ferreras, R. (2014): Infraestructuras de comunicación: Densidad vial por municipios. On line: http://geoinnova.org/blog-territorio/infraestructuras-de-comunicacion-densidad-viaria-por-municipio/

Mazón, T., Huete, R., Mantecón, A. (Ed.) (2009): Turismo, urbanización y estilos de vida. Las nuevas formas de movilidad residencial. Barcelona. Icaria

Mejías Vera, M.A. (2013) ¿Cómo medir el fenómeno Urban sprawl a través de indicadores paisajísticos? Aplicaciones a la isla de Tenerife. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, Vol. 62, 49-74.

Membrado Tena, J.C. (2011): Cartografía del urbanismo expansivo valenciano según SIOSE. Cartografía del urbanismo expansivo valenciano según SIOSE. XXII Congreso Geógrafos Españoles, 427-628.

Membrado Tena, J.C. (2015): Migración residencial y urbanismo expansivo en el mediterráneo español. Cuadernos de Turismo 35: 259-285.

Mills, E., 2005: Insurance in a climate of change. Science, 309: 1040–1044.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2002): Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de cultivos. 195 pp.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2013): Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de cultivos. 166 pp.

Ministerio de Economía y Competitividad (2013): Investigadores del IEO caracterizan la entrada de plaguicidas al Mar Menor a través de su principal rambla. Instituto español de oceanografía. Nota de prensa. 2 pp.

Montanarella, L. (2006): Trends in Land Degradation in Europe. (ECJRC) European commission joint research centre. Institute for Environment and Sustainability.

Montanarella, L., Toth, G. (2008): Desertification in Europe Management and Natural Hazards Unit, Institute for Environment and ustainability. Joint Research Centre. European Commission. ISCO. 15 th. Congress international, 4 pp.

Montero, J. I., Antón, A., Muñoz P. (1998): Modificaciones en las estructuras e instalaciones de invernaderos orientadas a la reducción del impacto ambiental. Encuentro Medioambiental Almeriense, Instituto de Estudios Almerienses, Almería.

Morabito M., Crisci A., Messeri A., Orlandini S., Raschi A., Maracchi G., Munafò M. (2016). The impact of built-up surfaces on land surface temperatures in Italian urban areas. Science of the Total Environment 551–552: 317–326.

Morales Gil, A. (1997): Aspectos geográficos de la horticultura de ciclo manipulado en España. Universidad de Alicante. Secretariado de publicaciones, 168 pp.

Moreira Madueño, J.M. (2012): Urbanismo expansivo: de la utopia a la realidad. Reflexiones desde la Información ambiental. En V. Gozálvez Pérez y J.A. Marco Molina Geografía restos ambientales y territoriales. XXII Congreso de Geógrafos Españoles, 125-163.

Morell, i; (2001); VVAA; (2001); IV congreso de turismo, universidad y empresa. Benicassim. abril 2001. la diversificación y desestacionalización del sector turístico: “algunos aspectos ambientales de los campos de golf”; pp85 – 93.

Morello, J., Buzai, G.D., Baxendale, A.B., Rodríguez, A.F., Matteucci, S.D., Godagnone, R.E., Casas, R.R. (2000): Urbanization and the consumption of fertile land and other ecological changes: the case of Buenos Aires. Environment and Urbanization 12 (2): 119-131.

Moreno-González, R., Campillo, J.A., García, V., León, V.M. (2013): Seasonal input of regulated and emerging organic pollutants through surface watercourses to a Mediterranean coastal lagoon. Chemosphere 92: 247–257.

Munafo, M., Norero, C., Sabbi, A., Salvati, L. (2010): Soil Sealing in the Growing City: A Survey in Rome, Italy. Scottish Geographical Journal, 126 (3), 153–161

Munafo, M., Salvati, L., Zitti, M. (2013): Estimating soil sealing rate at national level. Italy as a case study. Ecological Indicators 26: 137–140.

Naredo, J.M. (1995): Territorio, Medio Ambiente y Agricultura de Invernadero. En López Gálvez, J. y Díaz Álvarez, J. R. Actas del I Simposium Iberoamericano sobre Aplicación de los plásticos en las tecnologías agrarias” CEPLA y FIAPA, El Ejido, Almería.

Naredo, J.M., García, R., (2008): Estudio sobre la ocupación de suelo por usos urbano-industriales, aplicado a la Comunidad de Madrid. Informe Final. Documentos.

Navarro Pedreño, J., Meléndez-Pastor, I., Gómez Lucas, I. (2012): Impact of three decades of urban growth on soil resources in Elche.(Alicante). Spanish Journal of soil Science 2: 55-69.

Nestroy, O. (2006): Soil sealing in Austria and its consequences. Ecohydrology and Hydrobiology. 6 (1-4): 171-173.

Neumayer, E., Barthel, F. (2011): Normalizing economic loss from natural disasters: a global analysis. Global Environmental Change, 21 (1): 13-24.

Netzband, M., Meinel, G. (1998): Identifying urban soil sealing by high resolution remote sensing methods. In J. Breuste, H. Feldmand, & O. Uhlman (Eds.), Urban Ecology, 451-455.

Nizeyimana, E.L., Petersen, G.W., Imhoff, M.L., Sinclair, H.R., Waltman, S.W., Reed-Margetan, D.S., Levine, E.R., Russo, J.M. (2001): Assessing the impact of land conversion to urban use on soils with different productivity levels in the USA. Soil Sci. Soc. Am. J. 65, 391–402.

O'reilly, K. (2009): Migración intraeuropea y cohesión social: el grado y la naturaleza de la integración de los migrantes británicos en España. En Turismo, urbanización y estilos de vida. Las nuevas formas de movilidad residencial (Mazón, T., Huete, R., y Mantecón, A., ed.). Barcelona, Icaria.

Ojeda Zújar, J., Villar Lama, A., (2006): Evolución del suelo urbano/alterado en el litoral de Andalucía. 1988-2002. Geofocus. 7: 73-99.

Oldeman, L.R., Hakkeling, R.T.A., Sombroek, W.G. (1991): World map of the status of human-induced soil degradation. GLASOD Project. ISRIC- Winand Staring Centre-ISSS-FAO-ITC and United Nations. 41 pp.

Olea, N. (1997): Health effects of pesticides. En Shuman JM (ed.) The Int. Conf. on Regulatory Issues in Crop Protection and Their Implications for the Food Supply" Boston. 38-40.

OSE (2006): Cambios de Ocupación del Suelo en España: Implicaciones para la Sostenibilidad. Observatorio de la Sostenibilidad en España. 485 pp.
http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0637086.PDF.

Pascual, J.A., Añó, C., Sanjaime, V., Sánchez, J. (2003): Soil sealing in the Province of Valencia, Spain. Preliminary results. Workshop on Desertification in the Mediterranean Region. A security issue. Book of Abstracts. Valencia, pp. 83.

Pascual, J.A., Añó, C., Sánchez, J. (2004): GIS analysis of land degradation by soil sealing in the Province of Alicante, Spain. Preliminary results. Extended abstracts of the Fourth International Conference on Land Degradation. CD-Rom. Cartagena, 4 pp.

Pascual, J.A., Añó, C., Sanjaime, V., Sánchez, J. (2005a): Estimating soil sealing rates in Mediterranean coastal environments. Preliminary results for Castellón, Spain. En A. Faz Cano, R, Ortiz Silla & A.R. Mermut (eds.) Sustainable Use and Management of Soils. Arid and Semiarid Regions. Advances in GeoEcology 36: 339-346.

Pascual, J.A., Año, C., Valera, A., Poyatos, M., Sánchez, J. (2005b). Urban growth (1956-1998) and soil degradation in the municipality of Valencia, Spain. En A. Faz Cano, R, Ortiz Silla & A.R. Mermut (eds.) Sustainable Use and Management of Soils in Arid and Semiarid Regions. Advances in Geoecology 36: 347-354.

Pascual, J.A., Año, C., Valera, A., M., Sánchez, (2006): Urban growth dynamics (1956-1998) in Mediterranean coastal regions: the case of Alicante, Spain. En W.G. Kepner, J.L. Rubio, D.A. Mouat & F. Pedrazzini (Eds.): Desertification in the Mediterranean Region: a Security Issue. NATO Security Science Series C: Environmental Security Vol. 3. Springer, The Netherlands, 325-340.

Peñalver Martinez, M.J., Jimenez Medina, M.P., Peñas Castejón, J.M., Maciá Sánchez, J.F.(2016). Influencia del modelo urbanizador “resort” en los procesos “urban sprawl” y “soil sealing” del levante español. Criterios de vulneralidad y repercusiones en la región de Murcia. Memoria Sessione I Identità Dei Luoghi - Roma TrE.

Pereira, P., Ferreira, A.J.D., Sarah, P., Cerdà, C., Walsh, R., Keesstra, S. (2016): Preface of Urban soils and sediments. J Soils Sediment. DOI 10.1007/s11368-016-1566-3.

Pérez González, M.E., García Rodríguez, P. (2013a): Aplicaciones de la teledetección en degradación de suelos. BAGE 61: 285-308.

Pérez González, M. E., García Rodríguez, P. (2013b): Sellado de suelos en áreas con riesgo de inundación. XV Congreso de Teledetección. INTA, Madrid. 373-376. En Fernández-Renau González-Anleo, A. & Miguel Llanes, E. (eds.). Teledetección. Sistemas Operacionales de Observación de la Tierra. Madrid.

Pérez González, M. E., García Rodríguez, P. (2016): Monitoring Soil Sealing in Guadarrama River Basin, Spain, and Its Potential Impact in Agricultural Areas. Agriculture 6, 7: 11 pp.

Pérez Morales, A., Gil Guirado, S., Olcina Cantos, J. (2015): "Housing bubbles and the increase of flood exposure. Failures in flood risk management on the Spanish south eastern coast (1975–2013)". Journal of Flood Risk Management.

Pérez Morales, A., Romero Díaz, A., Caballero Pedraza, A. (2016): The Urbanisation Process and its Influence on the Increase in Flooding (Region of Murcia, Campo de Cartagena-Mar Menor, South-east Spain). In Crisis, globalizations and social and regional imbalances in Spain. International Geographical Unión (UGI), Asociación de Geógrafos españolas (AGE), 92-103.

Pérez Parra, J., López, J.C., Fernández, M. D. (2002): La agricultura del Sureste: situación actual y tendencias de las estructuras de producción en la horticultura almeriense. En García Álvarez-Coque, J.M. (Ed). La Agricultura Mediterránea en el siglo XXI. Mediterráneo Económico, 2, pp. 262-282.

Pérez Ruzafa, A., Marcos, C. (2005): Pressures on Mediterranean coastal loagoons as a consequence of human activities. In C.A. Fletcher and S. Spencer Flooding and environmental challenges for Venice and its lagoon: State of knowledge. Cambridge University Press.

Pérez-Hoyos, A., Añó, C., Sánchez, J. (2006): Land Use Change Dynamics in the Municipality of Sagunto, Spain (1956-1998). En Soil and Water Conservation under Changing Land Use Proceedings of the International ESSC Conference Internacional ESSC Conference on “Soil and Water Conservation under Changing Land Use” Lleida (Catalonia, Spain), 97-100.

Pistocchi, A., Calzolari, C., Malucelli, F., Ungaro, F. (2015): Soil sealing and flood risks in the plains of Emilia-Romagna,Italy. Journal of Hydrology: Regional Studies 4: 398-409.
Plata, W; Gómez, M. Y Bosque, J. (2009). Cambios de usos del suelo y expansión urbana en la Comunidad de Madrid (1990-2000). Scripta Nova, 293, 15. http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-293.htm

Ponce Sánchez. M.D. (2010): Percepción de los nuevos paisajes residenciales en el entorno del mar menor. Gran Tour: Revista de Investigaciones Turísticas 1: 63-78.

Ponce Sánchez, M.D. (2011): Competitividad e innovación en el producto turístico rural de la Región de Murcia Cuadernos de turismo, Nº. 27, págs. 743-758

Prados de la Escosura, L., Sanz, J. C. (1996): Growth and macroeconomic performance in Spain, 1939-93. En Crafts, N. y Toniolo, G. (Eds.), Economic Growth in Europe since 1945, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 355-387

Prieto Prieto, J. A. (2009): Agricultura y ganadería en el Campo de Cartagena como modelo de los cambios recientes que ha experimentado el sector primario de la Región de Murcia. En 3ª Edición de premios a la elaboración de materiales curriculares sobre la identidad de la Región de Murcia. pp. 11-62.

Prokop G., Jobstmann H., Schönbauer A. (2011): Overview on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects in EU-27 (Environment Agency Austria), Technical Report - 2011-50. http://ec.europa.eu/environment/soil/sealing.htm

Rabia. A.H. (2012a): Do we really need new policies? A study on soil sealing in Egyp". SelectedWorks. II ASA, 40th anniversary conference. Hofburg Congreso Centre, Viena and II ASA, Laxemburg, Austria.

Rabia. A.H. (2012b): Modeling of Soil Sealing by Urban Sprawl in Wukro, Ethiopia Using Remote Sensing and GIS Techniques.Selected Works. Taza GIS-Days:the International conference of GIS Users, Fez, Morocco. 484-489.

Ranalli, F., Salvati L. (2015): Complex Patterns, Unpredictable Consequences: The Distribution of Sealed Land along the Urban-rural Gradient in Barcelona Province Document de Analisi Geográfica 61(2): 393-408.

Raymaekers, D., Bauwens, I., Van Orshoven, J., Gulinck, H., Engel B., Dosselaere, N. (2005): Spectral unmixing of low resolution images for monitoring Soil Sealing. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 34, Part XXX

RIco Amorós, F. (1998): Agua y desarrollo en la Comunidad Valenciana. Universidad de Alicante; 163 pp.

Rodríguez Casado, V., Casado, M.A., Huber, A. (Ed.) (2005): La migración de europeos retirados en España. Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Rojas, R., Feyen, L., Watkiss, P. (2013): Climate change and river floods in the European Union: Socio-economic consequences and the costs and benefits of adaptation. Global Environmental Change, 23 (6): 1737-1751.

Romero Díaz, A., Belmonte Serrato, F. (2011): El Campo de Cartagena una visión global. En J. Hernández Bastida (Coord.) Recorridos por el Campo de Cartagena. Control de la degradación y uso sostenible del suelo. Instituto Mediterráneo del Agua, Murcia, pp. 17-48.

Romero Díaz, A., Belmonte Serrato, F., Ruiz Sinoga, J.D., Pérez Correas, J.D. (2010): Episodio de lluvias torrenciales del 27-28 de septiembre de 2009. Las inundaciones del campo de Cartagena (Murcia). II Jornades de Meteorología i Climatología de la Mediterrània Occidental. Valencia.

Romero Díaz, A., Belmonte Serrato, F., Docampo Calvo, A. M., Ruíz Sinoga. J.D. (2011): Consecuencias del sellado de los suelos en el Campo de Cartagena (Murcia). En V.

Gozálvez Pérez & J.A. Marco Molina (Eds.) Urbanismo expansivo de la utopía a la realidad. Universidad de Alicante, Alicante, pp. 605-616.

Romero Díaz, A., Caballero Pedraza, A. Pérez Morales, A. (2017): Expansión urbana y turismo en la comarca del Campo de Cartagena-Mar Menor (Murcia). Impacto en el sellado del suelo. Cuadernos de Turismo 39: 521-546.

Rosell, C. Y Alvarez, G. (2003). La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España. Informe nacional.Acción COST 341.Comisión. Europea-DGCN-U.

Ruíz Sinoga, J.D. Romero Díaz, A., Belmonte Serrato, F. (2011): El urbanismo como acelerador de los procesos de degradación del suelo. Colinas del Limonar, Málaga. En V. Gozálvez Pérez & J.A. Marco Molina (Eds.) Urbanismo expansivo de la utopía a la realidad. Universidad de Alicante, Alicante, pp. 629-640.

Rullan Salamanca, O. (2012): Urbanismo expansivo en el Estado español: de la utopia a la realidad. En V. Gozálvez Pérez y J.A. Marco Molina Geografía restos ambientales y territoriales. XXII Congreso de Geógrafos Españoles, 165-201.

Salvati, L. (2013): Monitoring high-quality soil consumption driven by urban pressure in a growing city.Rome (Italy). Cities 31: 349–356.

Salvati, L. (2014): The spatial pattern of soil sealing along the urban-rural gradient in a Mediterranean region. Journal of Environmental Planning and Management 57 (6): 848-861.

Salvati, L., Carlucci, M. (2016): The way towards land consumption: Soil sealing and polycentric development in Barcelona. Urban Studies 53 (2): 418-440.

Sánchez, B., Moral, F., González A, y Escudero, R. (2009): Proyecto FTS soil sealing en España y Portugal. Teledetección: Agua y desarrollo sostenible. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Calatayud. 245-248.

Santos, T. Y Tellería, J.L. (1993). Fragmentación forestal y conservación de la fauna. Ecosistemas, 4: 34-35

Saurí, D., Serra A., Olcina, J., Vera, J.F. (2011): Climate change and Europe's regions: Key findings. Case study Spanish Mediterranean coast. En ESPON (Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies), S. Greiving (Coord), 30-39.

Scalenghe, R., Marsan, F.A. (2009): The anthropogenic sealing of soils in urban areas. Landscape Urban Planning 90: 1-10.

Scott et al. (2014): Quantifying the Physical Composition of Urban Morphology throughout Wales Based on the Time Series (1989–2011) Analysis of Landsat TM/ETM+ Images and SupportingGIS. Data Remote Sens. 6: 11731-11752.

Shiliang, S., Jiang, Z., Zhang, Q., Zhang, Y. (2011): Transformation of agricultural landscapes under rapid urbanization: A threat to sustainability in Hang-Jia-Hu region, China. Applied Geography 31: 439-449.

Shiliang, S., Xiao, R., Jiang, Z., Zhang, Y. (2012): Characterizing landscape pattern and ecosystem service value changes for urbanization impacts at an eco-regional scale. Applied Geography 34: 295-305.

Sigrimis, N., Cavallini, a., Incrocci, L., Montero, J.I., Perez-Parra, J., Kafka, A. (2009): Data-collection of Existing Data on Protected Crop Systems (Greenhouses and Crops Grown Under Cover) in Southern European EU Member States. European Food Safety Authority.

SIOSE (2012): Cartografía de ocupación del suelo en España. Proyecto Siose. Ministerio de Fomento. 274 pp.

Soto García, M., Martínez Álvarez, V., Martín Górriz, B. (2014). El regadío en la Región de Murcia. Caracterización y análisis mediante indicadores de gestión. Sindicato central de regantes del acueducto tajo segura. 267 pp.

Sulzer, W., Kem, K. (2009): Derivation of multi-temoporal soil sealing maps using high resolution airborne thematic mapper (ATM) imagery and an examination of their usefulness in town planning. EARSeL eProceedings 8, 1.

Sun, X-L., Wu, S-C., Wang, H-L, W., Zhao, Y-G, Zhang, G-L., Man, Y.B., Wong, M.H. (2013): Dealing with spatial outliers and mapping uncertainty for evaluating the effects of urbanization on soil: A case study of soil pH and particle fractions in Hong Kong. Geoderma 195–196, 220–233.

Tang Chao-Sheng, Bin Shia, Lei Gaoa, John L. Daniels, Hong-Tao Jianga, Chun Liu. (2011): Urbanization effect on soil temperature in Nanjing, China. Energy and buildings 43: 3090-3098.

Tesi, R. (1972): Moderne tecniche di protezione in orticoltura, floricoltura e frutticoltura. Bologna. Edagricole. 277 pp.

Tobias, S. (2013): Preserving ecosystem services in urban regions.Challenges for planning and best practice examples from switzeland. Integrated Environmental Assessment and Management. SETAC. Special Series. 9: (2), 243–251.

Tolón Becerra, A., Lastra Bravo, X. (2010): La agricultura intensiva del Poniente Almeriense. Diagnóstico e instrumentos de gestión ambiental. Universidad Complutense de Madrid. Revista electrónica de Medio Ambiente, 22 pp.

Tomas, A., Salas, F.J., Santos, C., Garzon, A., Moreno, V. (2010): Estimación del sellado del suelo mediante técnicas de análisis espectral. Ser. Geogr. 16: 81-92.

Turco, M. Llasat, M. C. (2011): Trends in indices of daily precipitation extremes in Catalonia (NE Spain), 1951–2003, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11: 3213-3226,

Ungaro, F., Calzolari, C., Pistocchi, A., Malucelli, F. (2014): Modelling the impact of increasing soil sealing on runoff coefficients at regional scale: a hydropedological approach. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 62 (1), 33–42.

USDA (1986): Urban hydrology for small watersheds. Technical Release 55. SCS, United States Department of Agriculture. Washington D.C.

Valera Lozano, A. (2011): Dinámica espacio-temporal de usos/cubiertas Del suelo y sostenibilidad ambiental en áreas metropolitanas de La Comunidad Valenciana. Tesis doctoral. Universidad de Valencia. 324 pp.

Valera Lozano, A., Añó Vidal, C., Sánchez Díaz, J., (2006): Urban growth (1956–2005) and soil degradation. The Case of Elche, Spain. Proceeding of the International ESSC Conference on Soil and Water Conservation Under Changing Land Use. Univ. Lleida, pp. 101–104.

Valera Lozano, A., Añó Vidal, C., Sánchez Díaz, J. (2011a): Pérdida de suelo y crecimiento urbano (1956-1998) en el Área Metropolitana de Valencia. En: Bellinfante, N. y Jordán, A. (eds.): Tendencias Actuales de la Ciencia del Suelo, Universidad de Sevilla, pp. 915-921.

Valera Lozano, A., Añó Vidal, C., Sánchez Díaz, J. (2011b): Urban growth (1956-1998) in the metropolitan area of Alacant-Elx (Comunitat Valenciana), en: Boletín de la AGE 44: 169-186.

Valera Lozano, A,. Añó Vidal, C., Sánchez Díaz, J., (2011c): Cincuenta años (1956–2006) de crecimiento urbano y degradación de suelos por sellado antropogénico en el término municipal de Valencia. Anales de Geografía, 31 (2): 177–191.

Valera Lozano, A., Añó Vidal, C., Sánchez Díaz, J. (2011d). Cambios en los usos y coberturas del suelo en el municipio de Elche (1956-2005). Estudios Geográficos. 72 (271): 681-703.

Valera Lozano, A., Añó Vidal, C., y Sánchez Díaz, J. (2011e): Crecimiento urbano (1956-2005) y sellado antropogénico del suelo en el municipio de Alacant. Departamento de Planificación Territorial. Centro de Investigaciones sobre Desertificación. Serie Geográfica, 17: 97-108.

Valera Lozano, A., Añó Vidal , C., Sánchez Díaz, J. (2013a): Cincuenta años de crecimiento urbano (1956–2006) y pérdida de suelo en la franja litoral del área metropolitana de Valencia. Eria 93:261–273.

Valera Lozano, A., Añó Vidal , C., Sánchez Díaz, J. (2013b): Medio siglo (1956-2005) de crecimiento urbano y pérdida de suelo en el litoral mediterráneo español. El entorno metropolitano de Alacant-Elx. Documents d'Anàlisi Geogràfica 59 (2): 291-312

Valera Martínez, D.L., Belmonte Ureña, L.J., Molina Aiz, F.D., López Martínez, A. (2014): Los invernaderos de Almería. Análisis de su tecnología y rentabilidad. Cajamar Caja rural. Colección Serie Economía, 21, 504 pp.

Vanderhaegen, A., De Munter, K., Canters, F. High resolution modelling and forecasting of soil sealing density at the regional scale. Landscape and Urban Planning 133: 133–142.

Vera,J.F. et Al. (1997); Análisis territorial del turismo. Una nueva geografía del turismo; 443 pp.

Vera Rebollo, J. F. (2006): Agua y modelo de desarrollo turístico: la necesidad de nuevos criterios para la gestión de los recursos. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, n. 42, pp. 155-178.

Verheye, W. H. (1997): Land Use Planning and National Soil Policies. Agricultural Systems 53: 161-174.

Villa, P., Boschetti, M., Bianchini, F., Cella, F. (2012): A hybrid multi-step approach for urban area mapping in the province of Milan, Italy. AIT. 333-347.

Villar Lama, A. (2011). Territorio, turismo y paisaje: el proceso de urbanización en el litoral de Andalucía. El papel de los campos de golf. Tesis de la Universidad de Sevilla. 581 pp.

Villar Lama, A., Ojeda Zujar, J. (2007): Evolución reciente de los suelos urbanos-alterados en el litoral de Andalucía (1998-2004). XX Congreso AGE: La Geografía en la frontera de los conocimientos. Sevilla, 13 pp.

Wang, H., He, Q., Liub, X., Zhuang, Y., Hong, S. (2012): Global urbanization research from 1991 to 2009: A systematic research review. Landscape and Urban Planning 104: 299– 309

Weng, Q. (2001): Modelling urban growth effects on surface runoff with the integration of remote sensing and GIS. Environmental Management 28: 737-748.

Weng,Y-C. (2007): Spatio temporal changes of landscape pattern in response to urbanization. Science Direct. Landscape and Urban Planning 81: 341-353.

Williams, A., King, R., Warnes, A., Patterson, G. (2000): Tourism and International Retirement Migration: New Forms of an Old Relationship in Southern Europe, Tourism Geographies, vol. 2 (1), pp. 28-49.

Xiao, R., Jiang, D., Christakos, G., Fei, X., Wu, J. (2016): Soil Landscape Pattern Changes in Response to Rural Anthropogenic Activity across Tiaoxi Watershed, China. PLOS one. 11(11): e0166224. doi:10.1371/journal.pone.0166224.

Xiao, R., Su, S., Zhang, Z., Qi, J., Jiang, D., Wu. J. (2013): Dynamics of soil sealing and soil landscape patterns under rapid urbanization. Catena 109: 1-12.

Zalidis, G., StamatiadiS, S., Takavakoglou, V., Eskridge, K. y Misopolinos, N. (2002): Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. Agriculture, Ecosystems and Environment, 88, pp.137-146

Zapperi, P.A. (2014): Caracterización del escurrimiento urbano en la ciudad de Bahía Blanca. Revista Universitaria de Geografía 23 (1-2), 125-150

Zhang, X., Chen, J., Tan, M., Sun, Y. (2007): Assessing the impact of urban sprawl on soil resources of Nanjing city using satellite images and digital soil databases. Catena 69 (1): 16-30.

Zhang, Z., Su, S., Xiao, R., Jiang, D., Wu, J. (2013): Identifying determinants of urban growth from a multi-scale perspective: A case study of the urban agglomeration around

2. Webgrafia

(1) http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S06.htm

(2) http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/12/27/56014

(3) www.mapama.gob.es/es/calidad-y.../expansionurbanadescontrolada

(4) http://www.fao.org/3/az891s

(5) http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=URISERV%3Al28181

(6) http://www.miliarium.com/Monografias/Trasvase_TajoSegura/historia.htm

(7) http://servicios.laverdad.es/golf/campos101002-1.htm

(8) http://www.murciaencifras.com/informacion-por-pedanias

(9).www.rfegolf.es/.../Turismo%20e%20impacto%20económico/Turismo%20e%20impa

Capitulo II.

(10)www.cartagena.es/barrios_diputaciones.asp.

(11)www.murcia.es/web/portal/pedanias.

Capitulo IV

(12)http://www.tercerainformacion.es/articulo/actualidad/2016/07/12/

(13) http://www.crcc.es/

(14) https://www.chsegura.es/chs/informaciongeneral/elorganismo/unpocodehistoria/ riadas

(15) https://cartagenaantigua.wordpress.com/2013/06/01/inundaciones-la-borrasca-de-santa-catalina/

(16)https://www.diagonalperiodico.net/panorama/campos-golf-negocio-insostenible.html.

(17) http://www.ecologistasenaccion.org/article.php3?id_article=2987

(18) https://es.slideshare.net/lauritatur/el-impacto-ambiental-de-los-campos-de-golf

(19) Fuente: http://cadaveresinmobiliarios.org/

(20) https://sferaproyectoambiental.org/2012/02/16/impactos-ambientales-de-carreteras-el-efecto-barrera

(21) http://www.ehowenespanol.com/efectos-adversos-construccion-carreteras-medio-ambiente-info_198517/http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt 133.pdf

(22) http://www.iagua.es/noticias/espana/igme/16/09/20/que-papel-juegan-aguas-subterraneas-sistema-campo-cartagena-mar-menor 164

(23) http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/11_zonas_costeras_2_tcm7-12428.pdf

Conclusiones

(24) http://www.people4soil.eu.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Tabla 1: Investigaciones relacionadas con el sellado de suelos a nivel internacional. NE= No especificado

Pais	**Área de estudio**	**Tema principal tratado**	**Autor**
Europa	Principales ciudades de Europa	- Urbanización descontrolada ("Urban Sprawl") - Revisión de trabajos de US - Indices de medida	Arribas et al., 2011
Alemania	Leipzig y Munich	- Indicadores y políticas de gestión de gestión para la CE y Alemania	Artmann, 2013a
Alemania	Leipzig y Munich	- 48 indicadores que pueden utilizarse para la evaluación de la eficiencia de los instrumentos de gestión del sellado del suelo	Artmann, 2013b
Alemania	Leipzig y Munich	-Necesidad de incluir el suelo como un servicio ecosistémico - Necesidad de estrategias de implementación de gestión del sellado del suelo (SS)	Artmann, 2014a
Alemania	Leipzig y Munich	- Gestión urbana - Eficiencia política - Desarrollo sostenible urbano	Artmann, 2014b
Australia	Cuenca del rio Sur (oeste de Australia)	- Con la urbanización disminuye la infiltración y se incrementa la escorrentía y el riesgo de de inundaciones - Pérdida de agua en regiones donde es un recurso escaso	Barron et al., 2011
Eslovaquia	Bratislava	- Estudio y modelización estadística de los patrones de paisaje - Fotointerpretación, SIG - Expansión urbana	Baus et al., 2014
Francia	Francia	- Definiciones - Impactos - Consecuencias - Experiencias de preservar la tierra agrícola	Bernard, 2011
Italia	Turin	- Alta contaminación en suelos urbanos en Pb, Zn & Cu.	Biasioli et al., 2006
NE	NE	- Sellado y otras formas de deterioro del suelo - Conservación de suelo y agua	Blum, 2006
Mediterráneo	Mediterráneo	Pérdida de la capa superior del suelo por sellado	Blum, 2009
El mundo	55 grandes ciudades de 49 paises	- Se prevé que la población urbana del mundo aumentará en más de 3 mil millones entre 2010 y 2050 - Urbanización, presión de la población urbana y riesgo de violencia	Buhaug & Urdal, 2013
NE	NE	- Definiciones y tipos de sellado - Se disminuye la disponibilidad de regulación del ciclo del agua en	Burghardt, 2006

		cuencas urbanizadas - Efectos del sellado - Total o parcial pérdida de suelo - El sellado ocasiona un fuerte impacto en el suelo	
Varios	Varios	- Efectos medioambientales de sellado	Burghardt, 2009a
Varios	Varios	- Definiciones de sellado - Efectos del sellado	Burghardt, 2009b
NE	NE	- Concepto de estructura de hábitat - Marco conceptual para mostrar las relaciones entre la estructura del hábitat y las variables ecológicas - Con la urbanización decrece la biodiversidad del suelo	Byrne, 2007
NE	NE	- Políticas de gestión - Mapas de susceptibilidad urbanística	Cerreta & De Toro, 2012
China	Delta rio Yangtze	- Impactos en la calidad del suelo - Desafío a la seguridad alimentaria	Chen, 2007
China	China	- Evolución de la urbanización - Relación entre urbanización y desarrollo económico	Chen et al., 2013a
Europa-España	Europa-España	- Sellado a escala europea - Sellado a escala nacional	Crespi et al., 2007
Reino Unido	Leicester	- Almacenamiento de C por la vegetación en la ciudad	Davies et al., 2011
China	Hangzhou	- Análisis espacio temporal de cambio de usos del suelo - Teledetección y métricas espaciales - Cambios de paisaje	Deng et al. 2009
Europa	Mediterráneo Norte	- Deben buscarse formas de conciliación entre diversos procesos (intensificación de la agricultura y urbanización) para la co nservación - Desaparición de paisajes tradicionales	Detsis, 2010
Brasil	Recife	- Influencia del suelo urbanizado en la temperatura del suelo	Dos Santos et al.,2013
Alemania	Alemania	- Monitorización, medidas e indicadores de sellado del suelo	Dosch (2001)
Alemania	Berlin	- Influencia del suelo urbanizado en la temperatura del suelo	Dugord et al., 2014
Europa	Paises de la CE	- Mapa de población y suelos artificiales	EC, 2005
Europa	Paises de la CE	- Recomendación de adopción de medidas para limitar el sellado.	EC, 2006
Europa	Paises de la CE	- Magnitud del sellado del suelo - Impactos del sellado del suelo - Ejemplos de mejores prácticas - Cómo mitigar los efectos - Sensibilización	EC, 2012
Reino Unido	Leicester	- Importancia de las zonas verdes en la ciudad	Edmondson et al. 2011

Europa	Paises de la CE	- Indicadores de sellado de suelo	EEA, 2001
Europa	Paises de la CE	- "Urban sprawl"	EEA, 2006
Europa	Paises de la CE	- El cambio de uso provoca pérdida de biodiversidad y de funciones del suelo	EEA, 2010
Europa	Paises de la CE	- Análisis y gestión del crecimiento urbano	EEA, 2011
Europa	Paises de la CE	- Proyecto Corine Land Cover - Datos de superficies de suelos sellados - Datos de impactos	EEA 2015a
Europa	Paises de la CE	- Políticas de la UE en relación al suelo	EEA 2015b
USA	Baltimore y Beltsville	- Concepto de suelo en ambientes rurales y urbanos - Necesidad de aumentar la comprensión de los suelos urbanos	Effland & Pouyat, 1997
Italia	Cerdeña	- Relación urbanización y desertificación - Competencia entre suelos urbanos y agrícolas	Enne et al., 2009
Europa	Paises de la CE	- Proyecto GMES (Global Monitoring for Environment and Security) de sellado del suelo - Objetivo: elaborar un mapa de sellado europeo - Uso de teledetección	Escudero et al., 2010
Filipinas	Baguio	- Teledetección, SIG y métricas espaciales - Cambios espacio-temporales de los paisajes - Factores y procesos que impulsan los cambios	Estoque & Murayama, 2013
NE	NE	- Estado y tendencias del sellado de suelo	FAO, 2015
India	Saharanpur	- Expansión urbana - Fotointerpretación e imágenes de satélite - Disminución de tierras agrícolas de alta calidad	Fazal, 2000
Europa	Europa	- Expansión de zonas urbanas en Europa (1990-2006)	Feranec & Soukup, 2013
Brasil	Sao Paulo	- Simulación para 2030 del área metropolitana de Sao Paulo. - Simulación de riesgos medioambientales (inundaciones)	Ferraz Young, 2013
Italia	Parma	- Sellado y variación de energía en la tierra con efectos en las condiciones microclimáticas (1881-2003)	Gardi et al, 2007
Europa	Europa	- Intensidad del sellado y procesos - Diferencia entre cubierta de suelo y uso del suelo	Gardi et al, 2011
Europa	Europa	- Asfalto y cemento en vez de trigo - Datos de sellado por paises	Global Soil Forum, 2013
NE	NE	- Efectos del sellado (usos de suelo, cubierta, biodiversidad, hidrología, residuos, biogeoquímicos, climáticos. - Mas temperatura por calor acumulado de los edificios	Grimm et al., 2008
NE	NE	- Posible alternativa para limitar los efectos ecológicos del sellado	Guillaume et al., 2015

		- Fachadas y tejados vegetalizados	
NE	NE	- Uso de teledección y SIG para "urban sprawl"	Hasse, 2007
Chile	Los Ángeles (Biobio)	- Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial - Modelo de simulación espacial, cambio de escorrentía	Henriquez et al., 2006
NE	NE	- Revisión de impactos hidrológicos en cuencas urbanas	Jacobson, 2011
Europa	Europa	- La compactación del suelo es una forma oculta de sellado - Probablemente de mayor extensión en Europa que la urbanización	Jones & Montanarella, 2011
Europa	Europa	- El estado del suelo en Europa	Jones et al., 2012
Reino Unido	Cambridge	- Uso de Teledetección para identificar sellado de suelo - Imágenes QuickBird	Kampouraki et al., 2006
USA	Noreste	- Aumento de la temperatura del suelo con la urbanización, especialmente en verano	Lamptey et al., 2005
NE	NE	- Reflexiones medio-ambientales de la expansión urbana	Lefebvre, 2010
Slovakia	Banska-Bystrica	- Impactos del sellado en la eco-hidrología y la salud (inundaciones y polución)	LepesKa, 2016
China	Taking Zhejiang	- Expansión urbana puede producir disminución de recursos e inseguridad alimentaria.	Li et al., 2015
México	Ciudad de Morelia	- Estudio de la evolución de cambios de uso en 35 años anteriores y modelización para los 20 siguientes - Relación entre crecimiento urbano y demográfico	López et al., 2001
Italia	Región de Emilia-Romagna	- Estimación del valor en recursos de materia prima, sumidero de C y calorías virtuales del suelo productivo perdido durante el período 2003-2008. - Enormes consecuencias negativas a varias escalas en salud, patrimonio cultural, biodiversidad, secuestro de C y riesgos hidrológicos.	Malucelli et al. 2014
Europa	Europa	- Fuerzas motrices humanas del sellado del suelo - Consecuencias del sellado	Montanarella, 2006
Europa	Europa	- El sellado como una causa de la desertificación - La Estrategia Temática del Suelo de la Unión Europea propone medidas adecuadas para revertir las tendencias negativas de la degradación	Montanarella & Toth, 2008
Italia	Milan, Roma, Bolonia y Florencia	- Impacto de la temperatura superficial en áreas urbanas	Morabito et al., 2016
Argentina	Buenos Aires	- Cambios ecológicos por sellado - Conflicto entre suelo agrícola y urbano	Morello et al., 2000
Italia	Area metropolitana de Roma	-Estimación del sellado de suelo entre 1949- 2006	Munafo et al., 2010
Italia	Italia	- Estimación de la tasa de suelo sellado 1956-2006	Munafo et al., 2013
Austria	Austria	- Evaluación y consecuencias del sellado del suelo	Nestroy, 2006

Alemania	Dresden	- Sensores remotos - Consecuencias ecológicas negativas - Efectos en la hidrología y clima	Netzband & Meinel, 1998
USA	USA	- Impactos de suelos sellados	Nizeyimana et al., 2001
Mediterráneo	Oeste	- Conflictos entre sectores urbanos y agrícolas por la creciente demanda de áreas urbanas	Pavón et al., 2003
Varios	Varias ciudades de Europa, America, Australia y Asia	- Prefacio del número especial de la revista Urban soils and sediments - Varios temas tratados	Pereira et al., 2016
Italia	Las llanuras de Emilia Romagna	- Sellado del suelo y riesgos de inundación - Se destaca un aumento significativo de riesgo en las cuencas de drenaje secundarias - El costo de esto es muy elevado	Pistocchi et al., 2015
NE	NE	- Gestión del suelo en relación con la seguridad alimentaria mundial. - El suelo gran reserva de C en la biosfera. Su disminución puede empeorar el cambio climático.	Powlson et al., 2011
Unión Europea	Unión Europea	- La mejor práctica es limitar la expansión urbana. - Limitar el sellado (proceso casi irreversible) debería tener prioridad sobre medidas de mitigación o compensación. - Las medidas de mitigación incluyen el uso de materiales permeables, el apoyo a la "infraestructura verde" y el uso más amplio de los sistemas naturales de recolección de agua. - Sólo cuando las medidas de mitigación in situ sean insuficientes, deberían considerarse las medidas de compensación que mejoren las funciones del suelo en otras partes	Prokop et al., 2011
Egipto	Egipto	- Políticas contra el sellado de suelo. - Es posible tener una excelente política, pero los resultados finales no son suficientes porque los métodos de aplicación son inadecuados. - En Egipto existen polçiticas contra el sellado, pero este sigue aumentando	Rabia, 2012a
Etiopia	Ciudad de Wukro (Región de Tigray)	- Uso de teledetección & SIG - Evolución del sellado y expansión urbana entre 1984-2008. - En algunos casos, el crecimiento de sellado es mayor que el crecimiento de la población	Rabia, 2012b
Bélgica	Flandes	- Se exploran las posibilidades de las imágenes SPOT VEGETATION, con una resolución espacial de 1 km	Raymaekers et al., 2005
NE	NE	- Desaparición de paisajes tradicionales por sellado	Rubio & Recatalá, 2006
Italia	Roma	- Impacto de la expansión urbana sobre la calidad del suelo (1949-2008).	Salvati, 2013

		- Se constata que la difusión urbana reciente ha consumido más suelos de alta calidad que el urbanismo compacto	
Grecia	Área metropolitana de Atenas	- El crecimiento urbano consume suelos con alta calidad y baja susceptibilidad a la erosión del suelo	Salvati, 2014
España y Portugal	España y Portugal	- Proyecto FTS de sellado de suelo - Objetivo: disponer de información geo-espacial homogénea para elaborar políticas ambientales europeas	Sánchez et al. 2009
Europa	Europa	- Se revisan algunas contribuciones recientes de definición, fenomenología y modelos conceptuales y empíricos para el sellado artificial del suelo (zonas urbanas de Europa)	Scalenghe & Marsan, 2009
Reino Unido	Gales	- Cuantificación de la composición física de la morfología urbana (1989-2011) - Uso de imágenes de satélite y fotografías aéreas	Scott et al., 2014
China	Región de Hang-Jia-Hu	- Dinámica espacio-temporal de los paisajes agrícolas - Los resultados indicaron que, a escala regional, los paisajes agrícolas se perdieron, fragmentaron, transformaron y aislaron a medida que se intensificaba la urbanización	Shiliang et al., 2011
China	Región de Hang-Jia-Hu	- Caracterización del patrón paisajístico y cambios en los servicios ecosistémicos por los impactos de la urbanización a escala eco-regional	Shiliang et al., 2012
Austria	Graz	- Se proporciona información de series cronológicas para definir y localizar tendencias de expansión urbana para elaborar mapas de sellado para construcción y renovación del alcantarillado. - El sellado provoca cambios significativos en la recarga de las aguas subterráneas y en el balance hídrico. Necesario conocerlos por las autoridades gubernamentales para construir sistemas apropiados de drenaje	Sulzer & Kem, 2009
China	Nanjing	- Efecto del sellado en el incremento de la temperatura del suelo	Tang Chao-Sheng et al. 2011
Suiza	Suiza	- Revisión de la literatura sobre los desafíos para la planificación en las regiones urbanas en relación con la preservación de los servicios ecosistémicos - Algunos ejemplos de buenas prácticas para hacer frente a estos desafíos	Tobias, 2013
Italia	Llanura de Emilia Romagna	- Modelización del impacto del sellado en los coeficientes de escorrentía a escala regional: un enfoque hidropedológico	Ungaro et al., 2014
Bruselas-Bélgica	El eje Amberes-Bruselas (W), hasta la frontera belga (E)	- Modelización de alta resolución y pronóstico de densidad de sellado a escala regional	Vanderhaegen et al., 2015

		- Se comparan diferentes modelos de regresión - Se muestra un aumento del 23,6% y 44,6% de cobertura superficial sellada en áreas residenciales / mixtas para 2030 y 2050	
Francia	Tavernes, Le Fleix y Monfaucon (Sur de Francia)	- Fotointerpretación - Interrupciones y pérdidas sociales y tradiciones rurales - Cambios estructurales	Van Estvelde & Antrop, 2004
El mundo	El mundo	- Se presenta un conjunto de directrices, destinadas a garantizar una utilización sostenible de la tierra (agrícolas o no agrícolas) y limitar los daños directos o indirectos para el medio ambiente.	Verheve, 1997
Italia	Milán	- Aplicación de datos de teledetección (1989, 1998, 2008) para elaborar cartografía multi-temporal de superficies ocupadas / no ocupadas, a partir de datos multi-fuente (SPOT4 HRVIR y Landsat5 TM)	Villa et al., 2012
El mundo	El mundo	- Análisis bibliométrico (1802 publicaciones) sobre investigaciones de urbanización global (1991-2009) - Las ciencias ambientales (Ecología, Geografía y Estudios urbanos) fueron las categorías temáticas que publicaron más documentos relacionados con la urbanización. - USA es el pais con mayor nº de estudios - Las investigaciones estaban muy correlacionadas con la tasa de urbanización, aunque había diferentes patrones y procesos subyacentes en diferentes países	Wang et al., 2012
China	Delta del rio Zhujiang (sur de China)	- Modelización de los efectos del crecimiento urbano en la escorrentía - Uso de sensores remotos y SIG	Weng, 2001
USA	Estado de Wisconsin	- Cambios espaciotemporales del paisaje en respuesta a la urbanización	Weng, 2007
China	Bahía de Hangzhou	- Dinámica de sellado del suelo (1994-2009) y patrones de urbanización rápida - Marco metodológico práctico, mediante integración de teledetección, SIG, métricas del paisaje y regresión espacial, para monitorizar los impactos de la urbanización en los recursos	Xiao et al., 2013
China	Cuenca de Tiaoxi	- Cambios en el patrón paisajístico del suelo en respuesta a la actividad antropogénica rural - Los resultados sugieren que el sellado pueden tener consecuencias importantes y debe ser una grave preocupación para los gobiernos	Xiao et al., 2016
Argentina	Ciudad de Bahía Blanca	- Caracterización de la escorrentía urbana producida en condiciones naturales de drenaje	Zapperi, 2014
China	Ciudad de Nanjing	- Evaluación del impacto de la expansión urbana en los recursos del suelo - La creciente urbanización puede amenazar la seguridad alimentaria, la	Zhang et al., 2007

		diversidad y sostenibilidad	
China	Bahía de Hangzhou	- Se identifican las causas del crecimiento urbano a partir de un estudio de caso de aglomeración urbana - Los resultados indicaron que los paisajes urbanos se hicieron más dominantes, Inestables, irregulares y compactos, especialmente en los centros de las ciudades	Zhang et al., 2013

Tabla 2: Investigaciones relacionadas con el sellado de suelos en España. NE= No especificado

Pais	Área de estudio	Tema principal tratado	Autor
España	Alicante	- Expansión urbana	Aguilar et al. 2006
España	Mediterráneo español	- Análisis del turismo residencial - Consecuencias socio -culturales del cambio de uso del suelo	Aledo Tur, 2008
España	Provincia de Castellón	- Tasas de sellado artificial - Fotointerpretación, SIG	Año Vidal et al. 2005
España	Región de Murcia	- Relación urbanización y desertificación - Deterioro de la calidad del paisaje	Baños Paez, 2010
España	España	- "Urban sprawl" y desertificación - Degradación de tierras por sellado de suelos - Expansión urbana un agente de desertificación - Factores antropogénicos desencadenantes de la desertificación	Barbero Sierra et al., 2013
España	Murcia	- Evolución del sellado de suelos por invernaderos - Cambios paisajísticos	Caballero Pedraza et al., 2015
España	Barcelona	- Expansión urbana "urban sprawl" - Fotointerpretación	Catalán et al.,2008
Europa-España	Europa-España	- Sellado a escala europea - Sellado a escala nacional	Crespi et al., 2007
España	Noreste de Madrid, Alcobendas y San Sebastián de Los Reyes	- Evaluación del sellado - Técnicas de análisis de mezclas espectrales	De Tomás et al., 2010
España	Sector del Campo de Cartagena-Mar Menor (Murcia)	- Evaluación del sellado de suelo - Evolución en el tiempo - Fotointerpretación	Do Campo, 2011
España	Comunidad Valenciana	- Proyecto Lacoast - Evolución de las costas europeas entre los años 1975 y 1987 - Franja de 10 km	Ezquerra et al.,1998
España	Valencia	- Expansión urbana del área metropolitana 1984-2011 - Uso de teledetección	Fernández-Gimeno & López-García, 2015
NE	NE	- Propuesta metodológica para la valoración de la calidad urbano-ambiental	García Alvarado, 1997
España	Comunidad de Madrid	- Grado de urbanización - Calificación urbanística del suelo	García Alvarado, 2000
España	España	- Concepto de sellado	García Alvarado et al., 2014

		- Tipología de sellado	
España	Castilla-La Mancha	- Uso de teledetección - Degradación del suelo	García Rodríguez & Pérez González, 2005
España	Provincia de Guadalajara	- Uso de teledetección - Evolución del sellado del suelo	García Rodríguez & Pérez González, 2007
España	Varios	- Uso de teledetección en varios proyectos (Landsat and NOAA)	García Rodríguez & Pérez González, 2010
España	Comunidad de Madrid	- Uso de teledetección (Landsat) - Sellado de fluvisoles (tierras fértiles con riesgo de inundación)	García Rodríguez & Pérez González, 2011
España	Corredor de Henares	- Uso de teledetección - Metodología - Evaluación de sellado	García Rodríguez & Pérez González., 2014
España	Madrid	- Uso de teledetección y SIG - Evaluación de sellado	García Rodríguez & Pérez González., 2016a
España	Cuenca del rio Guadarrama	- Sellado y pérdida de suelos fértiles (1961-2011)	García Rodríguez & Pérez González., 2016b
España	Comunidad de Madrid	- Uso de imágenes TM Lansat - Evaluación de sellado	García Rodríguez et al., 2014a
España	Tajo medio-alto	- Uso de teledetección y SIG - Proyectos urbanísticos recientes no adecuados	García Rodríguez et al., 2014b
España	Norte de Madrid	- Programas de actuación urbanística - Análisis de sellado con distintas metodologías y escalas	García Rodríguez et al., en prensa
España	Llanura del rio Henares (Madrid)	- Impacto del sellado del suelo en sitios arqueológicos	García Rodríguez & Álvarez García, 2017
España	Los Alcázares (Murcia)	- "Urban sprawl" y sellado (2002-2011) - Mala ordenación del territorio	Jimenez Medina et al., 2013
España	España	- Cambios en la ocupación del suelo: superficie urbana en 2013	MAGRAMA, 2013
España	Isla de Tenerife	- Medición de "urban sprawl" mediante indicadores paisajísticos. - Utilización del Catastro de Naturaleza Rústica de 1956 y 1991.	Mejías Vera, 2013
España	Comunidad valenciana	- Medición del urbanismo expansivo mediante SIOSE	Membrado Tena, 2011
España	Andalucia	- Análisis de 50 años del urbanismo expansivo	Moreira Madueño, 2012
España	Madrid	- "Huella" real o efectiva de deterioro ecológico por usos urbano-industriales	Naredo y García, 2008
España	Elche (Alicante)	- Impactos del sellado en el recurso suelo - Evolución del crecimiento urbano de 1978-2005	Navarro Pedreño et al., 2012
España	Litoral Andalucia	- Notable crecimiento urbano en el periodo 1998-2002 - Fotointerpretación	Ojeda Zújar & Villar Lama, 2006

España	España	- Cambios en la ocupación del suelo	OSE, 2006
España	España	- Cambios en la ocupación del suelo	OSE, 2010
España	España	- Cambios en la ocupación del suelo	OSE, 2016
España	Valencia	- Evaluación de sellado de suelo. Primeros resultados	Pascual et al.,2003
España	Alicante	- Evaluación de sellado de suelo.	Pascual et al.,2004
España	Castellón	- Evaluación de sellado de suelo.	Pascual et al.,2005a
España	Valencia	- Evaluación de sellado de suelo.	Pascual et al.,2005b
España	Alicante	- Evaluación de sellado de suelo.	Pascual et al.,2006
España	Area metropolitana de Madrid	- Aplicación de la teledetección en la degradación de suelos - Utilización de diferentes sensores y satélites	Pérez González & García Rodríguez, 2013a
España	Cuenca del río Guadarrama (Comunidad de Madrid)	- Sellado de suelos y riesgo de inundación	Pérez González & García Rodríguez, 2013b
España	Cuenca del río Guadarrama (Comunidad de Madrid)	- Sellado de suelos y riesgo de inundación - Trabajo similar a Pérez González & García Rodríguez, 2013b	Pérez González & García Rodríguez, 2016
España	Municipio de Sagunto (Valencia)	- Aumento del área urbana y urbanizada en el periodo 1958-1998 - Fotointerpretcaión y SIG	Pérez-Hoyos et al., 2006
España	Comarca Campo de Cratagena - Mar Menor (Murcia)	- El aumento del riesgo de inundación tiene estrecha relación con el aumento de la superficie sellada, con la vulnerabilidad y exposición de la población al peligro de inundación	Pérez Morales et al., 2016
España	Comunidad de Madrid	- Cambios de usos del suelo y expansión urbana entre 1990 y 2000 usando datos CORINE - Se observa un fuerte crecimiento urbano	Plata et al., 2009
España	España	- Escenario 2030 en cambios de ocupación del suelo e impactos en el ciclo hidrológico	Prieto et al., 2006
España	Provincia de Barcelona	- Se analizan 4 indicadores: % de tierra permeable, tierra sellada per capita, intensidad de sellado y diversidad en la intensidad de sellado. - Los indicadores se correlacionaron con la distancia desde Barcelona - Se observa una rápida transición de una forma monocéntrica y compacta (años 50) a una forma dispersa	Ranalli & Salvati, 2015
España	Campo de Cartagena - Mar Menor (Murcia)	- Expansión urbanística 1980-2007. - Tipos de sellado: urbano, industrial, resort e invernaderos	Romero Díaz et al. 2011
España	Campo de Cartagena - Mar Menor (Murcia)	- Evaluación del sellado 1956-2011. - El turismo como principal causa	Romero Díaz et al. 2017
España	Colinas del Limonar (Málaga)	- El urbanismo expansivo acelerador de los procesos de degradación del suelo	Ruíz Sinoga et al., 2011
España	España	- Expansión de las áreas artificiales en España	Rullán Salamanca, 2012

		- Relación población y urbanismo expansivo	
España	Barcelona	- Se estudia la distribución espacial de las tierras impermeables a tres niveles espaciales (provincia, región metropolitana y área metropolitana) - Se observa la dispersión de asentamientos en lugar de una estructura policéntrica - Se usan indicadores de sellado para la evaluación del desarrollo urbano policéntrico o disperso en la región mediterránea	Salvati & Carlucci, 2016
España y Portugal	España y Portugal	- Proyecto FTS de sellado de suelo - Objetivo: disponer de información geo-espacial homogénea para elaborar políticas ambientales europeas	Sánchez et al. 2009
España	España	- Cartografía de ocupación del suelo en España	SIOSE, 2012
España	Elche (Alicante)	- Expansión urbana (1956-2005) y degradación del suelo - Fotointerpretación	Valera Lozano et al., 2006
España	Area metropolitana de Valencia	- Expansión urbana (1956-2006) y pérdida de suelo - Fotointerpretación y SIG	Valera Lozano et al., 2011a
España	Alicante-Elche	- Expansión urbana (1956-2005) de las superficies construidas, principalmente sobre los suelos más fértiles y las zonas mejor comunicadas	Valera Lozano et al., 2011b
España	Termino municipal de Valencia	- Expansión urbana (1656-2005) y dinámica espacio-temporal de los usos urbanos durante la segunda mitad del siglo XX - Tipologías de áreas urbanas según densidad	Valera Lozano et al., 2011c
España	Municipio de Elche (Alicante)	- Cambios de usos (1956-2005) y coberturas de suelo - Similar a Valera Lozano et al., 2011b	Valera Lozano et al., 2011d
España	Municipio de Alicante	- Expansión urbana (1656-2005) y dinámica espacio-temporal de los usos urbanos durante la segunda mitad del siglo XX	Valera Lozano et al., 2011e
España	Área metropolitana de Valencia	- Dinámica espacial y temporal de los usos urbanos entre 1956 y 2006 - Fotointerpreción y SIG - Aplicado 11 indicadores para evaluar el grado de sostenibilidad ambiental	Valera Lozano et al., 2013a
España	Área metropolitana de Alicante - Elche	- Dinámica espacio-temporal de los usos urbanos entte 1956 - 2005 - Fotointerpreción y SIG - Aplicado 10 indicadores para evaluar el nivel de sostenibilidad ambiental - Se muestra la gran expansión de los usos urbanos y el retroceso de los agrícolas y forestales	Valera Lozano et al., 2013b
España	Andalucia	- Se genera una base de datos geoespacial y diacrónica de los suelos urbanos-alterados del litoral	Vilar Lama & Ojeda Zujar, 2007

		- Se utilizan series periódicas de ortofotografías aéreas (1998, 2002, 2004) para extraer indicadores evolutivos a distintas escalas	
España	Andalucía	- Proceso de urbanización en el litoral de andalucia - Los campos de golf	Villar Lama, 2011

CAPÍTULO VIII

ÍNDICES DE FIGURAS Y TABLAS

Índice de figuras

Capítulo I

Figura 1.1. Densidad del sellado del suelo en 2009.....26

Figura 1.2. Cambios en los usos del suelo entre 1990 y 2006 (km^2) según Corine Land Cover (CLC).....27

Figura 1.3. Pérdida estimada de tierras agrícolas en 20 países de la UE debido a la urbanización entre 1990 y 2000.....28

Figura 1.4**.** Cambios netos en la cobertura del suelo en el período 2000-2006 en Europa.....29

Figura 1.5**.** Expansión urbana ("urban sprawl")en la costa mediterránea del sudeste de España (1990-2000). Obsérvese el grado de urbanización de la comarca estudiada en la tesis 30

Figura 1.6: Distribución espacial de autores con publicaciones relacionadas con urbanización en 2009. Fuente: Wang et al., 2012.....38

Figura 1.7: Publicación relacionadas con sellado de suelo en el Mundo por años. 39

Figura 1.8: Publicaciones relacionadas con sellado de suelos en España por años. 48

Figura 1.9: Localización espacial y número de publicaciones realizadas en España sobre sellado de suelos: Fuente: 49

Figura 1.10: Superficie urbanizada en franja costera de 150 metros de las riberas del Mar Menor (1956-2010). Fuente: Gomaríz Castillo (inédito).....51

Figura 1.11. Zona regable del campo de Cartagena mar menor. 58

Figura 1.12: Superficie de Regadío y de Secano en la Comarca Cartagena-Mar Menor.....59

Figura 1.13. Urbanización abandonada, que ha sido expoliada.....72

Capítulo II

Figura 2.1. Localización del área de estudio.....81

Figura 2.2. Localización de los términos municipales del área de estudio en la comarca del Mar Menor. 1= Los Alcázares, 2= Cartagena, 3=Murcia, 4= San Javier, 5= San Pedro del Pinatar, 6= Torre Pacheco.....82

Figura 2.3. Mapa Geológico de la Región de Murcia. 85
.
Figura 2.4. Imagen oblicua de parte de la CCCMM y la laguna del Mar Menor

cerrada. ……..…...86

Figura 2.5. Zonas internas en el campo de Cartagena, ……...88

Figura 2.6. Temperatura media anual..……91

Figura 2.7. Precipitaciones medias anuales. ……...92
.
Figura 2.8. Precipitación máxima diaria con un periodo de retorno de 20 años.....……...92

Figura 2.9. Mapa de suelos……..……96

Figura 2.10. Principales unidades de drenaje. Cuencas nororientales. (En rojo la rambla del Albujón). ……..……..99
.
Figura 2.11. Principales unidades de drenaje. Cuencas meridionales vertientes al Mar Menor (En rojo la rambla del Albujon)……100

Figura 2.12. Acuíferos de la comarca del Campo de Cartagena-Mar Menor……...102

Figura 2.13: Zona regable del Campo de Cartagena…….....104

Capitulo III

Figuras

Figura 3.1. Proceso de estudio del sellado de suelos (SS) en la CCCMM.……..112

Figura 3.2. Método de análisis espacial……114

Figura 3.3. Comparativa de calidad de las imágenes, según el vuelo de realización. Imagen correspondiente a 1956 (superior), 1981 (central) y 2011 (inferior)……117

Figura 3.4. Esquema del funcionamiento del sellado lateral..……118

Capitulo IV

Figuras

Figura 4.1. Evolución de la superficie urbanizada digitalizada (km^2) en los diferentes municipios.*Superficie del municipio en la comarca. ……..……128

Figura 4.2. Evolución de la superficie urbanizada digitalizada (%) en los diferentes municipios. Superficie del municipio en la comarca……...129

Figura 4.3. Superficie urbanizada digitalizada (km^2) en la CCCMM Incluidos resorts. …….. 130

Figura 4.4a. Evolución de la superficie urbanizada en los Alcázares Año 1957. ……..……133

Figura 4.4b. Evolución de la superficie urbanizada en los Alcázares Año 1981……134

Figura 4.4c. Evolución de la superficie urbanizada en los Alcázares Año 2011……..135

Figura 4.5a. Evolución de la superficie urbanizada en Cartagena. Año 1956……136

Figura 4.5b. Evolución de la superficie urbanizada en Cartagena.
Año 1981. ……..137

Figura 4.5c. Evolución de la superficie urbanizada en Cartagena.
Año 2011. ……..138

Figura 4.6a. Evolución de la superficie urbanizada en Murcia.
Año 1956…….. ……..139

Figura 4.6b. Evolución de la superficie urbanizada en Murcia.
Año 1981……140

Figura 4.6c. Evolución de la superficie urbanizada en Murcia.
Año 2011……..141

Figura 4.7a. Evolución de la superficie urbanizada en San Javier.
Año 1956. ……..142

Figura 4.7b. Evolución de la superficie urbanizada en San Javier.
Año 1981. ……..143

Figura 4.7c. Evolución de la superficie urbanizada en San Javier.
Año 2011. ……144

Figura 4.8a.Evolución de la superficie urbanizada en San Pedro del Pinatar.
Año 1956. ……..145

Figura 4.8b.Evolución de la superficie urbanizada en San Pedro del Pinatar.
Año 1981. ……..146

Figura 4.8c.Evolución de la superficie urbanizada en San Pedro del Pinatar.
Año 2011. ……147

Figura 4.9a.Evolución de la superficie urbanizada en Torre Pacheco.
Año 1656.....148

Figura 4.9b.Evolución de la superficie urbanizada en Torre Pacheco.
Año 1981……..149

Figura 4.9c.Evolución de la superficie urbanizada en Torre Pacheco.
Año 2011……..150

Figura 4.10a. Evolución de la superficie urbanizada en la CCCMM.
Año 1956……..152

Figura 4.10b. Evolución de la superficie urbanizada en la CCCMM.
Año 1981. ……153

Figura 4.10c. Evolución de la superficie urbanizada en la CCCMM.
Año 2011. ……..154

Figura 4.11. Campos de golf y resort por municipios y comarca (%)…….. 156

Figura 4.12. Campos de golf en Los Alcázares……..……..158

Figura 4.13. Campos de golf en Cartagena. ……..…….158

Figura 4.14. Campos de golf en Murcia…….159

Figura 4.15. Campos de golf en San Javier 155……...159

Figura 4.16. Campos de golf en Torre Pacheco……..……...160

Figura 4.17. Localización de todos los campos de golf y resorts en el área de estudio (2011). ……..……161

Figura 4.18.Superficie de invernaderos en los distintos municipios de la CCCMM….163
.
Figura 4.19a.Superficie de invernaderos en Los Alcázares. Año 1981……..…..165

Figura 4.19b.Superficie de invernaderos en Los Alcázares. Año 2011……165

Figura 4.20a.Superficie de invernaderos en Cartagena. Año 1981……166

Figura 4.20b.Superficie de invernaderos en Cartagena. Año 2011……166

Figura 4.21a.Superficie de invernaderos en Murcia. Año 1981……...167

Figura 4.21b.Superficie de invernaderos en Murcia. Año 2011..…....167

Figura 4.22a. Superficie de invernaderos en San Javier. Año 1981……168

Figura 4.22b. Superficie de invernaderos en San Javier. Año 2011……´´……...168

Figura 4.23a. Superficie de invernaderos en San Pedro del Pinatar. Año 1981...…..169

Figura 4.23b. Superficie de invernaderos en San Pedro del Pinatar. Año 2011…..…169

Figura 4.24a. Superficie de invernaderos en Torre Pacheco. Año 1981……...170

Figura 4.24b. Superficie de invernaderos en Torre Pacheco. Año 2011……..……170

Figura 4.25a. Evolución de la superficie de invernaderos en la CCCMM.
Año 1981……171

Figura 4.25b. Evolución de la superficie de invernaderos en la CCCMM.
Año 2011……172

Figura 4.26. Red de carreteras nacionales (en rojo) del área de estudio en el año 1956…..……...……174

Figura 4.27. Red de caminos en el año 1956……175

Figura 4.28. Red de carreteras del área de estudio en el año 1981……..…..176

Figura.4.29. Detalle del estado de los caminos de servicio en el año 1981…….177

Figura 4.30. Detalle del estado de los caminos de servicio en el año 2011……..177

Figura 4.31. Comparativa de la evolución de las carreteras comarcales y regionales en el área de estudio. Intersección de las carreteras RMF-35 y RMF-26) (Imagen superior 1956, media 1981, inferior 2011……..……178

Figura 4.32. Superficie ocupada por infraestructuras viarias en los distintos años de estudio……..…180

Figura 4.33. Vías de comunicación en la comarca en el año 2011……..…..182

Figura 4.34a. Sellado total de suelo en Los Alcázares. Año 1956…….. 189

Figura 4.34b. Sellado total de suelo en Los Alcázares. Año 1981…….190

Figura 4.34c. Sellado total de suelo en Los Alcázares. Año 2011…….191

Figura 4.35. Evolución Interanual del sellado total de suelo en % de Los Alcázares Imagen superior 1956, media1981; inferior 2011……..192

Figura 4.36a. Sellado total de suelo en Cartagena. Año 1956…..……...193

Figura 4.36b. Sellado total de suelo en Cartagena. Año 1981. ……194

Figura 4.36c. Sellado total de suelo en Cartagena. Año 2011……...195

Figura 4.37. Evolución Interanual del sellado total de suelo en % de Cartagena. Imagen superior 1956, media1981; inferior 2011. ……..……..196

Figura 4.38a. Sellado total de suelo en Murcia. Año 1956……..……197

Figura 4.38b. Sellado total de suelo en Murcia. Año 1981……..……198

Figura 4.38c. Sellado total de suelo en Murcia. Año 2011……..……199

Figura 4.39. Evolución Interanual del sellado total de suelo en % de Murcia. Imagen superior 1956, media1981; inferior 2011. ……..200

Figura 4.40a. Sellado total de suelo en San Javier. Año 1956……..……201

Figura 4.40b. Sellado total de suelo en San Javier. Año 1981……..……202

Figura 4.40c. Sellado total de suelo en San Javier. Año 2011. ……203

Figura 4.41. Evolución Interanual del sellado total de suelo en % de San Javier. Imagen superior 1956, media1981; inferior 2011……204

Figura 4.42a. Sellado total de suelo en San Pedro del Pinatar……..205

Figura 4.42b. Sellado total de suelo en San Pedro del Pinatar. Año 1981..……206

Figura 4.42c. Sellado total de suelo en San Pedro del Pinatar. Año 2011... ……..207

Figura 4.43. Evolución Interanual del sellado total de suelo en % de

San Pedro del Pinatar. Imagen superior 1956, media1981; inferior 2011.……208

Figura 4.44a. Sellado total de suelo en Torre Pacheco. Año 1956. ……...209

Figura 4.44b. Sellado total de suelo en Torre Pacheco. Año 1981. ……210

Figura 4.44c. Sellado total de suelo en Torre Pacheco. Año 2011. ……211

Figura 4.45. Evolución Interanual del sellado total de suelo en % de Torre Pacheco. Imagen superior 1956, media1981; inferior 2011……212

Figura 4.46. Evolución interanual del sellado total de suelo en la CCCMM……..…..213

Figura 4.47. Evolución interanual del sellado total de suelo por los distintos factores analizados……...214

Figura 4.48a. Superficie total de sellado de suelo en la CCCMM (1956)……..215

Figura 4.48b. Superficie total de sellado se suelo en la CCCMM (1981)……..216

Figura 4.48c. Superficie total de sellado de suelo en la CCCMM (2011)……..217

Figura 4.49. Evolución de las viviendas secundarias en la región de Murcia (1950-2011)……..……..220

Figura 4.50. Número de viviendas secundarias en la CCCMM. Años 2001 y 2011. ……...221

Figura 4.51. Viviendas secundarias (%) respecto a las viviendas totales. Años 2001 y 2011…….……221

Figura 4.52. Tipos de viviendas (%). Año 2001……..223

Figura 4.53. Tipos de viviendas (%). Año 2011……....223

Figura 4.54. Diferencia de viviendas secundarias y vacías en el periodo 2001-2011……..……223

Figura 4.55. Número de inundaciones y media móvil cada dos años..……....229

Figura 4.56: Porcentaje construido en edificaciones y superficies por periodo de retorno.....232

Figura 4.57. Superficie urbanizada en la CCCMM y expuesta a la zona inundable PR500……..….233

Figura 4.58, Ejemplo de urbanización en zona de Inundación. (Santa Rosalía. Torre Pacheco)……...……...233

Figura 4.59: Superficie (m^2) construida en zona inundable por período de retorno…234

Figura 4.60 Número de edificaciones construidas en zona inundable por período de retorno…….. ……..……..……..235

Figura 4.61: Desbordamiento del tramo medio de un cauce de rambla, en

Dolores de Pacheco, por ocupación de una carretera…….235

Figura 4.62. Distribución porcentual de la superficie construida en zona inundable para PR50…… 236

Figura 4.63. Edificaciones y superficie inundable según diferentes períodos de retorno en San Javier…….... 237

Figura 4.64. Inmuebles y superficie inundable según diferentes períodos de retorno en Los Alcázares……..……...237

Figura 4.65. Curva de saturación de la superficie en zona inundable para los periodos de retorno 10, 50, 100 y 500 (1975-2014)……238

Figura 4.66. Curva de saturación del número de edificios construidos en zona inundable para los periodos de retorno 10, 50, 100 y 500 (1975-2014)…..239

Figura 4.67. Evolución del número de edificios construidos en zona inundable de los periodos de retorno 10, 50, 100 y 500 (1975-2013)…… 240

Figura 4.68 Distribución de las precipitaciones los días 16-19 de Diciembre de 2016. ……..…….. 244

Figura 4.69. Vista aérea desde un helicóptero de la unidad militar de emergencias del casco urbano de Los Alcázares (19-12-2016). Fuente: EFE/Marcial Guillén-POOL…..……...245

Figura 4.70. Vista aérea del casco urbano y playas de los Alcázares (19-12-2016) tras las inundaciones. Fuente: EFE/Marcial Guillén-POOL. ……...245

Figura 4.71. Tendencia de la intensidad de daños por episodio de inundación entre 1-3, de acuerdo al criterio de Gil-Guirado et al., (2014) en el municipio de Los Alcázares..……...246

Figura 4.72. Tendencia en la frecuencia absoluta del número de inundaciones acontecidas en el municipio de Los Alcázares…….247

Figura. 4.73. Desembocadura de las ramblas y su interceptación por los núcleos poblacionales…… 250

Figura. 4.74. El golf como deporte y las actividades paralelas de Resort……251

Figura 4.75. Recuperación de paisajes degradados (Torre de Rame)……..252

Figura 4.76 Lagunas artificiales y aves migratorias descansando…… 253

Figura. 4.77. Ubicación de los Campos de golf, Resorts y Urbanizaciones asociadas en el área de estudio (en círculos rojos). Las líneas naranja marcan los cauces afectados y su drenaje hasta las poblaciones ribereñas……. 254

Figura 4.78. Mapa de los cadáveres inmobiliarios en España……... 257

Figura 4.79. Mapa del área de estudio y localización de los proyectos hasta la fecha fracasados:.....…….257

Figura 4.80. Localización de los proyectos fracasados….....260

Figura 4.81. Ubicación de las grandes infraestructuras en la comarca en relación con el corte de cauces de ramblas y fraccionamiento de hábitats……..265

Figura 4.82. Autopista AP7 atraviesa toda la comarca bordeando la laguna del Mar Menor y sus poblaciones costeras……..266

Figura 4.83. Espacio entre invernaderos sellado por compactación por el paso continuo de maquinaria agrícola entre los invernaderos..……267

Figura 4.84. Ubicación de los invernaderos en la comarca, en relación con los cauces de las ramblas……..……270

Figura 4.85. Drenaje de los invernaderos al territorio a través de desagües……271

Figura 4.86. Imagen de los drenajes de riegos a la rambla del Albujón a través de canales en agosto de 2016. Aunque según la Administración regional en esa fecha ya no existían vertidos al Mar Menor……...272

Figura 4.87. Montañas de materia orgánica de origen animal (al fondo) que se depositan en los cauces de ramblas y ramblizos que con las lluvias son arrastrados al Mar Menor……..……272

Figura 4.88. Las escorrentías de diciembre de 2016 tuvieron la energía suficiente para arrancar las paredes de hormigón de algunos encauzamientos..……...273

Figura 4.89. Canal de drenaje colapsado por residuos y vegetación y canal de la rambla de La Maraña al pasar bajo la carretera, con material de construcción de invernaderos arrastrados y acumulados(Soportes de hormigón y plásticos)…....274

Figura 4.90. Camino de servicio flanqueado por paredes de plásticos y cerrado al fondo por más invernaderos lo que supone una barrera para las especies de animales terrestres. La falta de arbolado también afecta a las.....……...274

Figura 4.91. Acumulación de residuos plásticos en márgenes y cauces de ramblas……..……...275

Figura. 4.92. Acumulación de residuos plásticos en márgenes y cauces de Ramblas..……...275

Figura. 4.93. Residuos orgánicos acumulados junto a las instalaciones de invernaderos……276

Figura 4.94. (Restos de invernaderos de todo tipo, quemados al atardecer y cuando la vigilancia de las autoridades no existe.(los materiales plásticos una vez quemados dejan residuos casi imperceptibles, aunque sus gases y volátiles se esparcen a km de distancia……..……277

Figura. 4.95. Recipientes de insecticidas y otros productos químicos se apilan junto a los invernaderos. ……278

Figura 4.96. El abono con materia orgánica de origen animal provoca olores desagradables en los municipios de la comarca……..……...278

Figura 4.97. Paisaje agrario en los alrededores del Cabezo Gordo (Torre Pacheco)…… 283

Figura 4.98. Presión ciudadana ante el estado del Mar Menor en el verano de 2016……284

Figura 4.99. Rambla del Albujón en su desembocadura al Mar Menor con aguas permanentes……286

Figura 4.100. Desembocadura de la Rambla del Albujón en el Mar Menor en el episodio de lluvias intensas de Diciembre de 2016……...286

Figura 4.101. Aguas permanentes en una rambla (Cañada Torremolina) de la cabecera de ramal en la rambla de la Maraña. Sierra del puerto……....287

Figura 4.102: Artículo publicado en el periódico de La verdad (04-12-2014) sobre os vertidos que llegan al Mar Menor por diferentes vía……...288

Figura 4.103. Estado de las aguas del Mar Menor en Agosto del 2016……289

Figura 4.104. Salinas de Los Alcázares 2011 y 1956……...290

Figura 4.105. Principales flujos de entradas en el Mar Menor……....293

Figura 4.106. Zonificación del área vertiente al Mar Menor según su influencia……..…295

Índice de Tablas

Capítulo I

Tabla 1.1: Tipologías de suelo urbano y grados de sellado……...24

Tabla 1.2. Grados de sellado según las superficies sellantes consideradas……25

Tabla 1.3: Cambios de usos del suelo entre 1990 y 2006……28

Tabla 1.4: Efectos y consecuencias del sellado del suelos……...31

Tabla 1.5: Efectos positivos del sellado……32

Tabla 1.6: Efectos negativos del sellado……..32

Tabla1.7: Efectos irreversibles sobre la integridad del suelo y los cambios socioambientales ligados a la urbanización.....33

Tabla 1.8 .Campos de Golf en la región de Murcia (2011). Nota: los campos de golf en negrita y azul están ubicados en la CCCMM……67

Tabla 1.9. Pedanías de Murcia en cifras reales y estimaciones previstas según el Ayuntamiento de Murcia……69

Capítulo II

Tabla 2.1 Superficie y habitantes de la comarca de estudio……83

Tabla 2.2. Datos climáticos del área de estudio……90

Tabla 2.3. Ramblas de la Comarca del Campo de Cartagena que drenan al Mar Menor……100

Capítulo IV

Tabla 4.1. Superficie urbanizada en el área de estudio. *Superficie del municipio en la comarca……129

Tabla 4.2. Evolución de la superficie digitalizada perteneciente a campos de golf y resorts asociados (km^2) en los diferentes municipios……...156

Tabla 4.3. Superficie digitalizada ocupada por invernaderos en la CCCMM……..162

Tabla 4.4. Estimación de los anchos medios de viales……...174

Tabla 4.5. Evolución de las carreteras en los años 1956, 1981 y 2011 en el área de estudio……...180

Tabla 4.6. Sellado total de suelo por años y municipios (Km^2 y %)……185

Tabla (4.7) Incremento del crecimiento en % del sellado total por municipios y área de estudio……186

Tabla (4.8) Incrementos de sellado 1981/2011 en relación a incrementos poblacionales en el mismo periodo, por municipios y área de estudio……...187

Tabla (4.9) Indice de sellado per capita en la comarca *(Incluidos urbanizado, resorts y carreteras)……..187

Tabla 4.10. Evolución interanual del sellado total de suelo por los distintos factores analizados……...213

Tabla 4.11. Número de tipo de viviendas en la CCCMM según los censos de 2001 y 2011……220

Tabla 4.12. Número y % de viviendas vacías en la CCCMM……222

Tabla 4.13. Inmuebles y superficie construida en la CCCMM (enero 2014)……224

Tabla. 4.14. Superficie (ha) de cultivos en invernaderos en los distintos municipios estudiados para el año 2011……...225

Tabla 4.15. Relación de inundaciones y precipitaciones extremas en la Comarca del Campo de Cartagena-Mar Menor desde el S.XVIII……...229

Tabla 4.16: Superficie y número de edificaciones construidas y expuestas a inundaciones PR500……..232