

ACE 16

Electronic offprint

Separata electrónica

APLICACIÓN DE LA TELEDETECCIÓN A LA COMPARACIÓN DE LAS TENDENCIAS DEL CRECIMIENTO URBANO PRODUCIDO EN ZONAS COSTERAS E INTERIOR EN LOS ÚLTIMOS 25 AÑOS. CASO COMARCA DE LA SAFOR (VALENCIA)

CARLOS SISCAR GALINDO

JAVIER ESTORNELL CREMADES

JESÚS MARTÍ GAVILÀ

BORJA VELÁZQUEZ-MARTÍ

ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno [en línea]. 2011, Año VI, núm. 16 Junio. P. 13-30

ISSN: [1886-4805](http://www.issn.org/1886-4805)

Website access: http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles_n16/articles_pdf/ACE_16_SA_10.pdf

Access UPCommons: <http://hdl.handle.net/2099/10530>

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

c

USING REMOTE SENSING TO COMPARE URBAN GROWTH IN COASTAL AND INLAND AREAS IN THE LAST 25 YEARS. THE CASE OF SAFOR COUNTY (VALENCIA)

SISCAR GALINDO, Carlos¹

ESTORNELL CREMADES, Javier

MARTÍ GAVILÁ, Jesús

VELÁZQUEZ-MARTÍ, Borja

First received: 28-7-2010

Final version: 15-4-2011

Keywords: Remote sensing, urban growth, change detection, Geographic Information Systems.

Abstract

The rapid urban development in coastal areas has generated the necessity of developing efficient tools to study the municipality growths with great accuracy. The availability of historical satellite images and their convenient processing have helped with its appliance in urbanism to study the pace and form of urban growth. In this paper, two Landsat images of 1984 and 2007 were used to study the evolution of municipalities in the inland and coast of the region of Safor in Valencia (Spain). Processing these data, the shapes of the urban areas were obtained. This concept is known as urban footprint. The spatial overlap of these areas allowed us to compute the direction and growth of the municipalities. In addition, several parameters related to the number, density, area and perimeter of urban areas were computed and represented by radar charts. Considering the data, it was observed that the urban growth in the coastal municipalities tends to join the inner patches with the coastal areas. On the other hand, the interior municipalities show dispersion of urban areas. The results of this study shows the potential of remote sensing for computing variables that define the morphology and growth of municipalities, which are necessary for further urban planning.

¹ **Carlos Siscar Galindo:** Licenciado en Ciencias Ambientales, Universitat Politècnica de València. Camí de Vera, s/n 46022 València, E-mail de contacto: carsisga@aaa.upv.es

APLICACIÓN DE LA TELEDETECCIÓN A LA COMPARACIÓN DE LAS TENDENCIAS DEL CRECIMIENTO URBANO PRODUCIDO EN ZONAS COSTERAS E INTERIOR EN LOS ÚLTIMOS 25 AÑOS. CASO COMARCA DE LA SAFOR (VALENCIA)

SISCAR GALINDO, Carlos²

ESTORNELL CREMADES, Javier

MARTÍ GAVILÁ, Jesús

VELÁZQUEZ-MARTÍ, Borja

Remisión inicial: 28-7-2010

Remisión definitiva: 15-4-2011

Palabras clave: Teledetección, crecimiento urbano, detección de cambios, Sistemas de Información Geográfica.

Resumen

El rápido desarrollo urbanístico de las zonas costeras ha generado la necesidad de definir herramientas que permitan estudiar los crecimientos de las ciudades de manera rápida y precisa. La disponibilidad de imágenes de satélite históricas y su conveniente procesamiento pueden ser aplicadas en el ámbito urbanístico para conocer y controlar el ritmo y las formas del crecimiento de las ciudades. En este trabajo se han utilizado imágenes Landsat de los años 1984 y 2007 para analizar la transformación del suelo en municipios del interior y de la costa de la comarca de La Safor (Valencia). A partir del procesamiento de estos datos se han obtenido las formas de los diferentes núcleos urbanos, concepto conocido como huella urbana. La superposición espacial de estas huellas urbanas ha permitido calcular la dirección y el crecimiento de los municipios. También se han obtenido diferentes parámetros relacionados con el número, densidad, superficie y perímetro de los núcleos urbanos de un municipio, representados mediante gráficos radiales. A partir de estos resultados se ha observado, en los municipios costeros, una tendencia a la fusión de los diferentes núcleos urbanos, creando así una única huella urbana. Contrariamente, en los municipios de interior se ha observado una mayor dispersión de los núcleos urbanos. Los resultados de este estudio reflejan el potencial de la teledetección para obtener variables que definan la morfología y crecimiento de los municipios, parámetros necesarios para una planificación urbanística del territorio.

² **Carlos Siscar Galindo:** Licenciado en Ciencias Ambientales, Universitat Politècnica de València. Camí de Vera, s/n 46022 València, E-mail de contacto: carsisga@aaa.upv.es

1. Introducción

En la comarca valenciana de La Safor se ha producido un importante desarrollo urbano en los últimos años que ha generado una transformación de suelo sobre todo en las zonas costeras, lo que puede ser un factor limitante para el desarrollo sostenible de las mismas. Se trata de una transformación irreversible de usos de suelos que generan un amplio abanico de impactos medioambientales pudiendo incluso deteriorar la calidad de los hábitats (Dewan *et al.*, 2009). La creciente disponibilidad de imágenes de satélite históricas permite detectar estos cambios y analizar tipologías de crecimiento de las ciudades (Ruiz *et al.*, 2007; Sanli *et al.*, 2008). De esta manera se podría monitorizar los grados de transformación del suelo y realizar predicciones de modelos de crecimiento de las ciudades (Wu *et al.*, 2006; Taubenböck *et al.*, 2009), lo cual podría constituir una información valiosa en el planeamiento urbano para armonizar el crecimiento de las ciudades con un desarrollo sostenible de las mismas.

En este estudio se ha analizado el crecimiento urbano de los municipios costeros y del interior de la comarca de la Safor en los últimos 25 años a partir de imágenes de satélite Landsat. Los resultados obtenidos a partir del procesamiento de estas imágenes se han utilizado para la obtención de parámetros urbanísticos que describan la morfología y crecimiento de las áreas urbanizadas.

2. Contexto de estudio y metodología

2.1. Contexto de estudio

Zona de estudio

En el estudio se han analizado 8 municipios de la comarca de la Safor (Valencia). Estos municipios se han dividido en 2 grupos: municipios con costa (Gandia, Bellreguard, Tavernes de la Valldigna y Daimús) y municipios sin costa (Simat de la Valldigna, Villalonga, La Font d'En Carròs y Real de Gandia).

Materiales

Se utilizaron dos imágenes Landsat (Thematic Mapper) de los años 1984 y 2007. Este sensor permite registrar imágenes multiespectrales con resolución espacial de 30 x 30 m² por píxel (Tabla 1). El software utilizado para el tratamiento de datos fue el Arcgis 9.3 de Esri.

Tabla 1. Características de las imágenes de Landsat

Imágenes Landsat (TM)	
Sensor	Thematic Mapper
Bandas	1,2,3,4,5,7
Tamaño de píxel	30x30m
Formato de salida	GeoTIFF
Proyección	UTM – WGS84
Tamaño aproximado de escena	170km N-S; 183Km E-W

Fuente: <http://landsat.gsfc.nasa.gov>

2.2. Metodología

Correcciones de imágenes

Antes de iniciar el análisis de las imágenes para la generación de los cambios urbanos se aplicó un reprocesamiento a las mismas que consistió en realizar una corrección geométrica y radiométrica.

Corrección geométrica

El objetivo de la corrección geométrica es que las dos imágenes de trabajo coincidan píxel a píxel para poder realizar operaciones conjuntas. Esta corrección no supone un cambio en el valor radiométrico de los píxeles, sólo supone un cambio de posición de los mismos. La corrección geométrica efectuada fue una corrección con transformación polinomial de segundo grado con selección de puntos de control. El sistema de referencia utilizado fue el WGS 1984 UTM Zone 30N y se definieron 23 puntos de control localizando los mismos en elementos estables, como cruces de carretera, esquinas de edificios, etc., evitando zonas dinámicas como ríos o líneas de costa. Se obtuvo un error medio cuadrático de 6,5 m.

Corrección radiométrica

El objetivo de esta corrección es minimizar las diferencias existentes entre los factores de adquisición de las 2 imágenes y simular que estén obtenidas por el mismo sensor, con la misma calibración, condiciones atmosféricas, etc. Se utilizó una normalización radiométrica de media-desviación.

Método de detección de cambios

Para la detección de los cambios se ha aplicado el método de diferencias de clasificaciones supervisadas utilizado satisfactoriamente en otros estudios (Sanli *et al.*, 2008). El método de clasificación supervisada, consiste en obtener una imagen temática con una leyenda determinada utilizando muestras de aprendizaje. Es la transformación de unas clases espectrales (valores de píxel similares) en unas clases de información o temáticas. Se obtiene así, una imagen final en la que cada píxel ya no muestra su valor de reflectividad sino que indica una clase temática. La leyenda seleccionada se basó en el sistema de clasificación utilizado por Anderson *et al.* (1976), y se aplicó a las imágenes de estudio. La leyenda utilizada fue la siguiente:

- Agua
- Urbano
- Matorral (Con pinares aislados)
- Cultivos (Regadío mayoritariamente)
- Arena (Zona de playa)
- Suelo sin cultivar

El procedimiento seguido una vez elegida la leyenda fue la obtención del fichero de muestras de aprendizaje. En la definición de las muestras se utilizaron ortofotos y conocimientos previos de la zona. Las muestras de aprendizaje fueron de un tamaño aproximado de 100 píxeles (90.000 m²) que sirvieron para definir las diferentes clases espectrales. A partir de esta información espectral se obtuvo la imagen clasificada utilizando para ello el método de máxima probabilidad (Dewan *et al.*, 2009). Para analizar la fiabilidad de cada clasificación realizada se obtuvo la matriz de confusión. La imagen clasificada se reclasificó en una nueva imagen con dos clases: zona urbana y zona no urbana. Finalmente se realizó una superposición de álgebra de mapas entre las dos imágenes reclasificadas, 2007 y 1984 para obtener la imagen final de cambios.

Indicadores urbanísticos

Indicador 1: Comparación de huellas urbanas

La comparación de las huellas urbanas de los municipios es una herramienta que permite detectar las tendencias de crecimiento de los mismos (Taubenböck *et al.*, 2009). A partir de la imagen de cambios, se realizó una superposición con la capa vectorial de los términos municipales para obtener la información de cambios por municipios. Con los resultados de la superposición, se calcularon los parámetros de la tabla 2.

Tabla 2. Tabla resumen de los parámetros utilizados para presentar los resultados

Descripción parámetros	
Superficie total del municipio (SPT)	Superficie total comprendida dentro del término municipal de la localidad.
Superficie urbanizada en los últimos 25 años (SU)	Superficie total que se ha construido en los últimos 25 años. Refleja la superficie total de cambios producidos en el municipio recogida de la imagen final de cambios.
(% SU)	Porcentaje de suelo construido en los últimos 25 años respecto al suelo total del municipio
Superficie construida actual (SCA)	Información extraída de la clasificación de 2007 que refleja la superficie actual construida
(% SCA)	Porcentaje del suelo construido en la actualidad con respecto al total de suelo disponible en el municipio
Porcentaje de suelo construido en 25 años (%INC)	Porcentaje de incremento del suelo construido respecto a lo que había en 1984

Fuente: Taubenböck et al., 2009

Indicador 2: Gráficos radiales

Una de las aplicaciones que se pueden utilizar para comparar ciudades, describir su tipo urbano y la forma de su crecimiento son los gráficos radiales creados mediante parámetros urbanísticos que aparecen en la tabla 3 (Taubenböck, 2009). En este estudio se calcularon estos parámetros para cada municipio, y una vez calculados, se tomaron los valores máximos de cada parámetro y se fijaron como valor 100. Después, se calcularon el resto de valores de forma relativa al valor máximo, para así poder comparar los gráficos obtenidos. Con estos datos se construyeron gráficos radiales, que constaban de 7 ramas, una por parámetro, en la que el valor máximo era de 100 y el valor mínimo de 0.

Tabla 3. **Parámetros para el cálculo de los diagramas**

Parámetros	
(A)	(Area) Define el total de área urbanizada como primer parámetro para comparar estados de desarrollo de los municipios
(LSI)	(Landscape Shape Index) LSI provee de una medida de comparación estándar del perímetro total de todos los parches con respecto al perímetro de un círculo de la misma área que la total del municipio.
(LPI)	(Largest Patch Index) Este parámetro alcanza el valor de 100 cuando el área urbanizada comprende un único parche compacto. Cuanto más bajo es el valor, más disgregada es el área urbana.
(NP)	(Number of Patches) Es una medida simple del número de parches del que consta el área urbana.
(PD)	(Patch Density) Es el número de parches por cada 100 ha. Este valor tiende a aumentar durante periodos de rápido crecimiento urbano
(TE)	(Total Edge) Es la suma de los perímetros de todos los parches del municipio.
(ED)	(Edge Density) Relaciona el área total urbanizada con suma de los perímetros de todos los parches.

Fuente: Taubenböck et al., 2009

3. Resultados y discusión

Los resultados de las clasificaciones de 1984 y 2007 se resumen en la tabla 4. Como se puede observar desde 1984 hasta 2007 se ha producido una pérdida de suelo en las clases de matorral, cultivos y sin cultivar y por otro lado, se ha producido un aumento en el porcentaje de suelo urbano. Para analizar la precisión de las clasificaciones, se construyeron las matrices de confusión (Tablas 5 y 7). A partir de estas matrices se obtuvieron las fiabilidades globales, de usuario y de productor (Tablas 6 y 8).

Tabla 4. Resultados de las clasificaciones de 1984 y 2007 en porcentajes de suelo

Clases	% de suelo en 1984	% de suelo en 2007
Agua	25,98	26,00
Urbano	3,63	7,55
Matorral	37,19	34,83
Cultivos	27,48	26,79
Arena	0,61	0,57
Sin cultivar	5,11	4,27

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Matriz de confusión de la clasificación de 1984

Matriz de confusión 1984							
	Agua	Arena	Matorral	Sin cultivar	Urbano	Cultivos	Total general
Agua	209	0	16	0	0	0	225
Arena	0	28	1	1	0	3	33
Matorral	1	1	251	0	5	10	268
Sin cultivar	0	0	10	99	1	0	110
Urbano	4	1	17	0	100	0	122
Cultivos	6	0	25	0	4	177	212
Total general	220	30	320	100	110	190	970

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. **Fiabilidades de la matriz de confusión para la composición de 1984**

Fiabilidad global 89,07 %	
<p>Agua</p> <p>Fiabilidad de usuario 92,89 %</p> <p>Fiabilidad de productor 95 %</p>	<p>Suelo sin cultivar</p> <p>Fiabilidad de usuario 90 %</p> <p>Fiabilidad de productor 99 %</p>
<p>Arena</p> <p>Fiabilidad de usuario 84,85 %</p> <p>Fiabilidad de productor 93,33 %</p>	<p>Urbano</p> <p>Fiabilidad de usuario 81,97 %</p> <p>Fiabilidad de productor 90,91 %</p>
<p>Matorral</p> <p>Fiabilidad de usuario 93,66 %</p> <p>Fiabilidad de productor 78,44 %</p>	<p>Cultivos</p> <p>Fiabilidad de usuario 83,49 %</p> <p>Fiabilidad de productor 93,16 %</p>

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 6, la fiabilidad global de la clasificación de 1984 fue de 89,07% lo que indicó que de 970 píxeles utilizados para el cálculo de esta fiabilidad, 864 fueron clasificados correctamente. La fiabilidad de usuario de la clase urbano fue del 82%, lo que significó que de 100 píxeles clasificados como urbano, realmente 82 pertenecían a esa clase. En relación con esta fiabilidad se pudo observar que de 122 píxeles clasificados como urbanos, 100 correspondían realmente a esa clase, 17 correspondían a matorral, 4 agua y 1 arena (Tabla 5). Para el cálculo de la fiabilidad del productor de la clase urbano se consideraron 110 píxeles pertenecientes realmente a esta clase utilizando ortofotos de alta resolución espacial. De estos píxeles, 5 fueron clasificados como matorral, 4 como cultivos y 1 sin cultivar lo que se tradujo en una fiabilidad de productor de 91%, lo que significó que de 100 píxeles que en realidad pertenecían a la clase urbano, 91 fueron clasificados como suelo urbano y los 9 restantes como otras clases.

Tabla 7. Matriz de confusión de la clasificación de 2007

Matriz de confusión de 2007							
	Agua	Arena	Forestal	Sin cultivar	Urbano	Cultivos	Total general
Agua	210	0	0	0	0	0	210
Arena	0	24	0	0	16	0	40
Forestal	8	0	301	1	0	6	316
Sin cultivar	1	0	6	92	5	3	107
Urbano	0	6	0	1	169	5	181
Cultivos	1	0	13	6	0	186	206
Total general	220	30	320	100	190	200	1060

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Fiabilidades de la matriz de confusión para la composición de 2007

Fiabilidad global 92,64 %	
<p>Agua</p> <p>Fiabilidad de usuario 100 %</p> <p>Fiabilidad de productor 95,45 %</p>	<p>Suelo sin cultivar</p> <p>Fiabilidad de usuario 85,98 %</p> <p>Fiabilidad de productor 92 %</p>
<p>Arena</p> <p>Fiabilidad de usuario 60 %</p> <p>Fiabilidad de productor 80 %</p>	<p>Urbano</p> <p>Fiabilidad de usuario 93,37 %</p> <p>Fiabilidad de productor 88,95 %</p>
<p>Matorral</p> <p>Fiabilidad de usuario 95,25 %</p> <p>Fiabilidad de productor 94,06 %</p>	<p>Cultivos</p> <p>Fiabilidad de usuario 90,29 %</p> <p>Fiabilidad de productor 93 %</p>

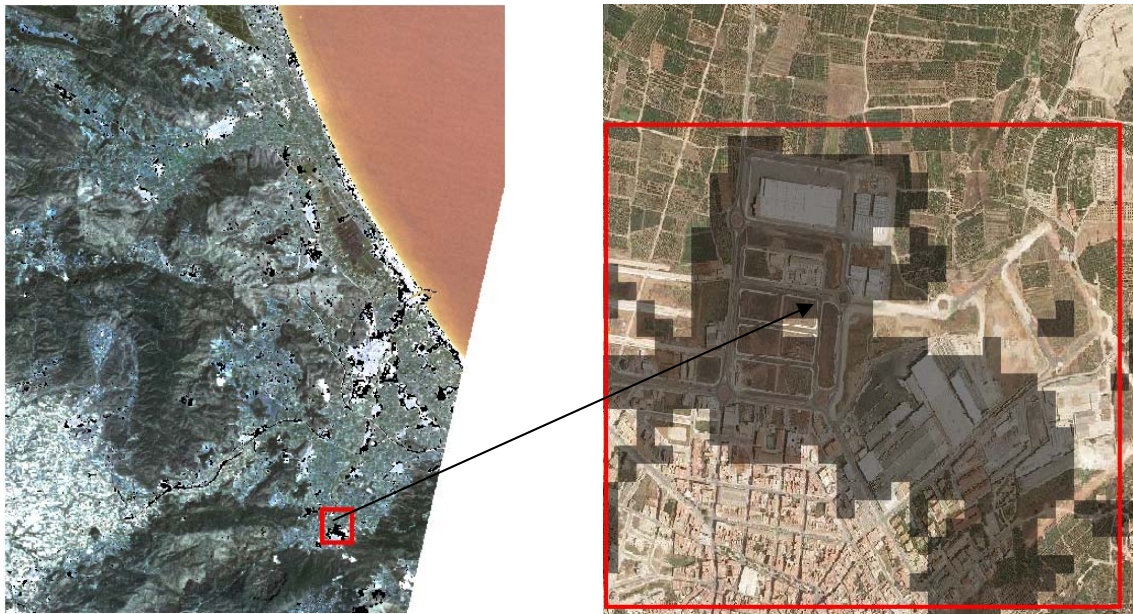
Fuente: Elaboración propia.

En esta clasificación de 2007, se obtuvo una fiabilidad global mayor 92,64%. En cuanto a los píxeles clasificados como urbanos, se obtuvo una fiabilidad de usuario de 93%, por lo que de cada 100 píxeles clasificados en esta clase, 93 pertenecían realmente a esa clase. Se puede observar en la tabla 6 que de 181 píxeles clasificados como urbano, realmente pertenecían a esa clase 169. Los 12 píxeles restantes se clasificaron 6 píxeles como arena, 5 como cultivos y 1 píxel como suelo sin cultivar. En cuanto a la fiabilidad de productor de esta clase se puede

observar que de 190 píxeles que correspondían a suelo urbano, obtenidos a partir de ortofotos de alta resolución espacial, 169 fueron clasificados correctamente como suelo urbano, lo que se significó una fiabilidad de productor de 89% (Tabla 8), por lo que de cada 100 píxeles de suelo urbano reales, 89 se clasificaron correctamente como suelo urbano y 11 como otras clases.

A parte del cálculo de las fiabilidades se realizó un análisis visual de los cambios superponiendo la imagen de cambios con ortofotos de alta resolución espacial (Figura 1). Los resultados observados confirmaron los buenos resultados obtenidos derivados de la matriz de confusión.

Figura 1. Imagen final de cambios y detalle en el que se aprecia la superposición de una ortofoto con una zona de cambios en Villalonga



Fuente: Elaboración propia, SIGPAC.

4.1 Comparación de huellas urbanas

Se puede observar en la tabla 9 que el municipio con mayor crecimiento urbanístico en superficie en los últimos 25 años fue Gandia con 175,59 ha con un incremento de 21.17% respecto a la superficie construida hasta 1984. Hay que destacar que este municipio es la capital y el centro socio-económico de la comarca. Por otra parte destacan los incrementos relativos (en porcentaje de superficie) en los municipios de Real de Gandia y Daimús con un 112.67% y un 97.70%, respectivamente. Estos resultados pueden ser explicados teniendo en cuenta que los municipios del Real de Gandia y Daimús son municipios limítrofes por el sur a

Gandía en los cuales la oferta de suelo industrial y residencial es más económica. De hecho en el Real de Gandía el crecimiento fue debido al aumento de la superficie industrial limítrofe a Gandía y a la creación de viviendas residenciales. En cuanto a Daimús se produjo un incremento en la vivienda residencial en el interior del municipio y en la costa de viviendas de segunda residencia. Para comprobar la influencia del crecimiento de suelo urbano por la cercanía a la capital se realizó un modelo de regresión, eliminando de la tabla 9 el municipio de Gandía que actúa como centro de coordenadas. La significación de la tendencia del mismo es mostrada en la tabla 10.

Tabla 9. Tabla resumen de los resultados finales

	SPT (ha)	SU (ha)	% SU	SCA (ha)	% SCA	%INC	Distancia a Gandía (km)	
Bellreguard	277,83	22,59	8,13	86,22	31,03	35,50	5,2	Costa
Daimús	314,73	53,55	17,01	108,36	34,43	97,70	4,3	Costa
La Font de'n Carròs	902,34	7,83	0,87	95,04	10,53	8,98	8,3	Interior
Gandía	6085,44	175,59	2,89	1005,12	16,52	21,17	0	Costa
Real de Gandía	608,04	66,42	10,92	125,37	20,62	112,67	2,7	Interior
Simat de la Valldigna	3852,09	10,62	0,28	96,93	2,52	12,30	20,8	Interior
Tavernes Valldigna	4925,97	52,92	1,07	516,06	10,48	11,43	16,6	Costa
Villalonga	4332,51	52,56	1,21	174,24	4,02	43,20	11,2	Interior

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Significación del modelo de regresión que relaciona el porcentaje de crecimiento urbano con la distancia al centro socioeconómico de la comarca

Parametro	Estimación	Error Estandar	Estadístico T	P-Valor
Distancia a Gandía	102,035	19,5045	5,23139	0,0064
Pendiente	-4,92455	1,60465	3,06893	0,0373

Fuente: Elaboración propia.

$\%INC = 102,035 - 4,92455 \cdot \text{Distancia a Gandía}$

Coeficiente de Correlación = -0,837795

R-cuadrado = 70,19 porcentaje

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 62,7375 porcentaje

Error estándar de est. = 26,3843

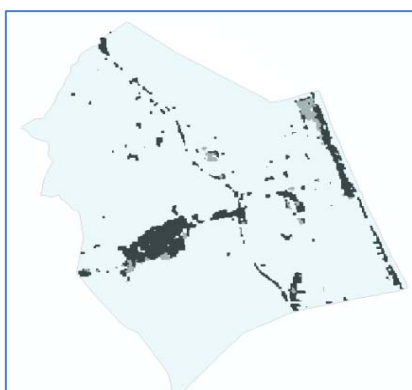
Error absoluto medio = 17,8221

Se confirma que la distancia al centro socioeconómico de la comarca influye en el porcentaje de crecimiento urbanístico de forma negativa. Por otra parte fue analizado el factor situación Costa-Interior frente a los valores SU, %SU y %INC mediante un análisis de varianza. La influencia de este factor no resultó ser significativa en ninguno de los tres parámetros.

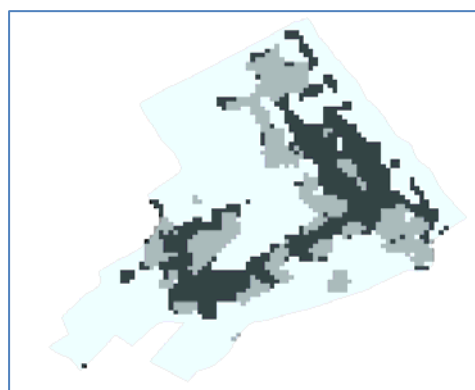
Para analizar gráficamente el desarrollo urbanístico de los municipios se superpusieron las huellas urbanas de los años 1984 y 2007. En el caso de Gandía y Daimús se aprecia la misma tendencia de crecimiento consistente en la unión del centro urbano con la costa (Figuras 2c y 2b). Sin embargo, en el caso de Tavernes (Figura 2a) se observan dos núcleos urbanos independientes debido a la distancia entre el centro urbano y la costa y a las infraestructuras viarias que cruzan longitudinalmente el municipio. Estos resultados también fueron observados en el caso del municipio de Bellreguard.

En cuanto a los municipios de interior se puede observar crecimientos urbanos similares en los casos de Villalonga, la Font d'En Carròs y Simat de la Valldigna (Figura 3). El crecimiento urbano se ha producido alrededor del centro urbano y también se han construido nuevas zonas dispersas por todo el término municipal (edificación aislada). Esto se debe a que estos municipios no tienen costa, por lo que tienen que buscar otras formas de crecimiento.

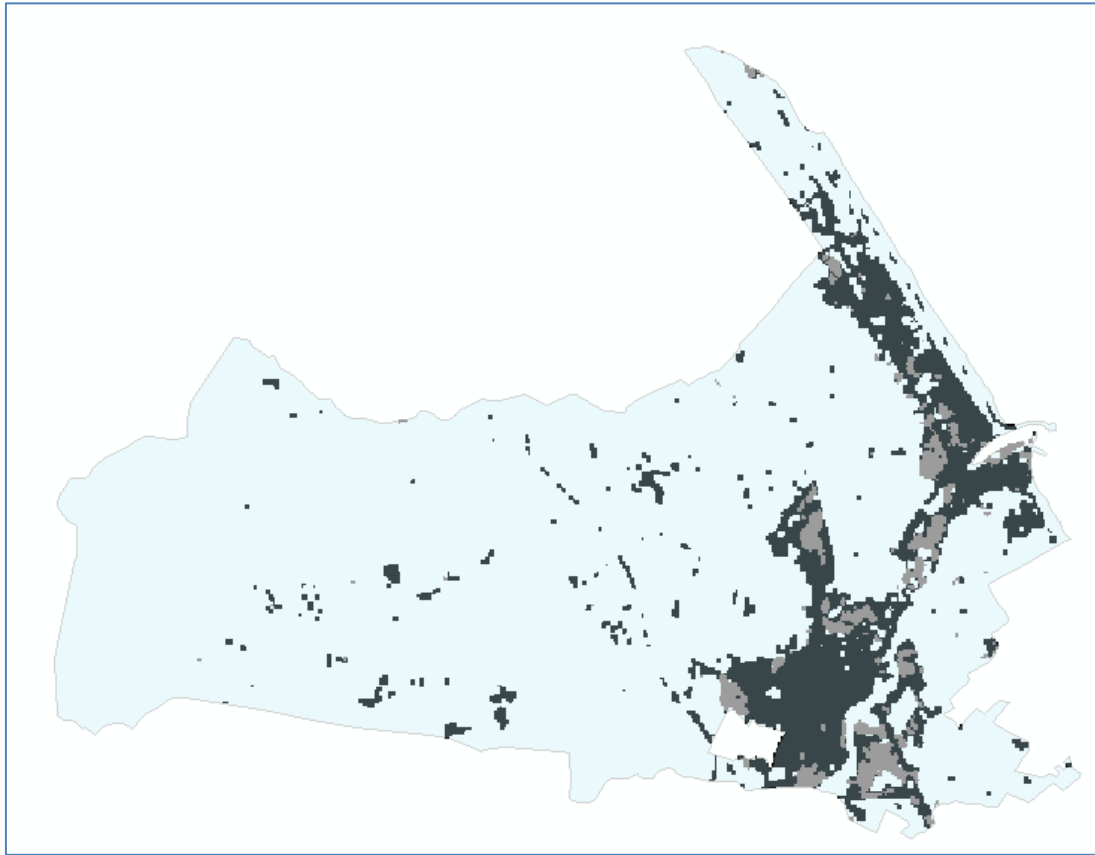
Figura 2. **Crecimiento urbano en Tavernes de la Valldigna (a), Daimús (b) y Gandía (c).**
El color negro representa las zonas urbanas hasta 1984 y el color gris representa las nuevas zonas urbanas



a)



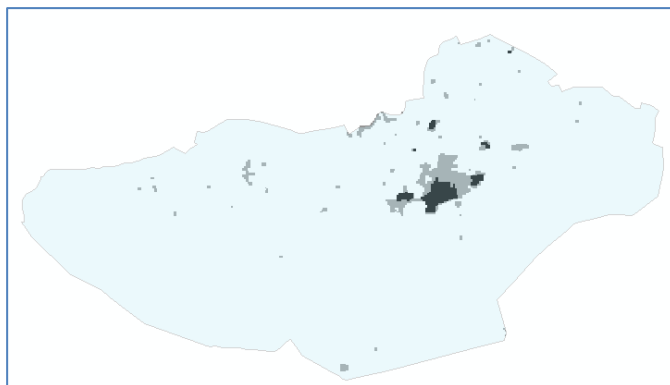
b)



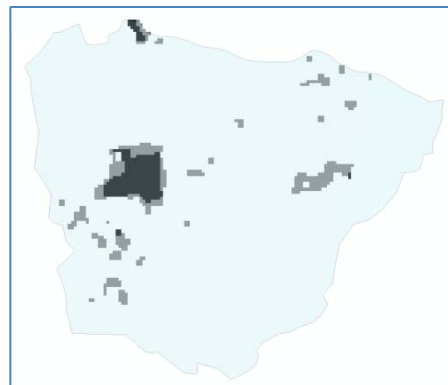
c)

Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Crecimiento urbano municipios de Villalonga (a) y Font d'Encarroz (b)



a)



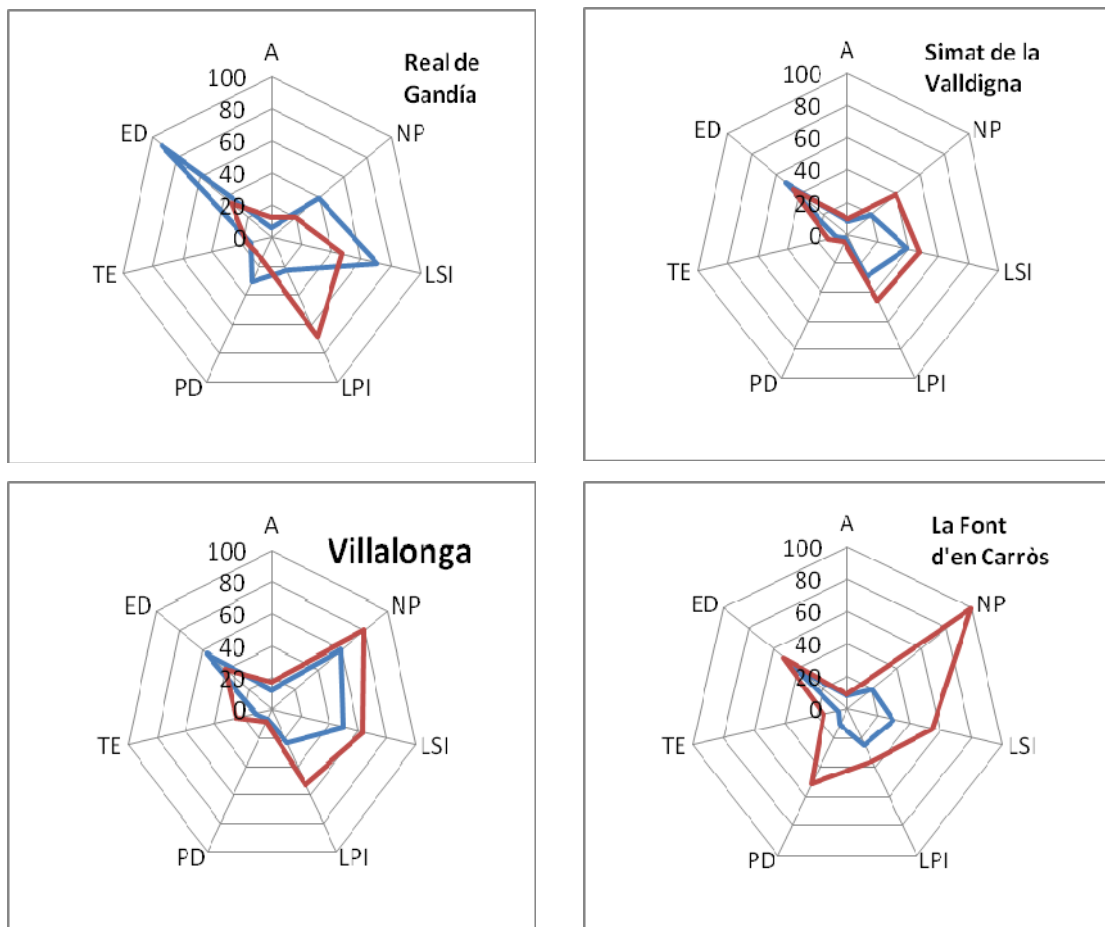
b)

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Gráficos radiales

Se puede observar que los parámetros de 2007 son mayores que los de 1984 exceptuando el término municipal de Real de Gandía (Figura 4). El parámetro "ED", que relaciona el area total urbanizada con la suma del perímetro de todos los núcleos urbanizados, se mantiene en valores en torno a 50 en las dos fechas salvo en el caso de Real de Gandía que con un descenso de 100 a 40 entre los años 1984-2007 indicó una agrupación de los nucleos iniciales dispersos debido principalmente a la creación de un polígono industrial que unió los pequeños núcleos industriales de la zona. Los valores inferiores del resto de parámetros en 1984 respecto 2007 representó una presencia de núcleos urbanos concentrados. En 2007 se observó una incremento de los parámetros NP y LSI. Este incremento fue más importante en los municipios de La Fon't d'en Carròs y Villalonga. El aumento de estos parámetros significó un crecimiento urbano basado en la dispersión de nuevas zonas urbanas y no en el crecimiento concentrado entorno al centro urbano.

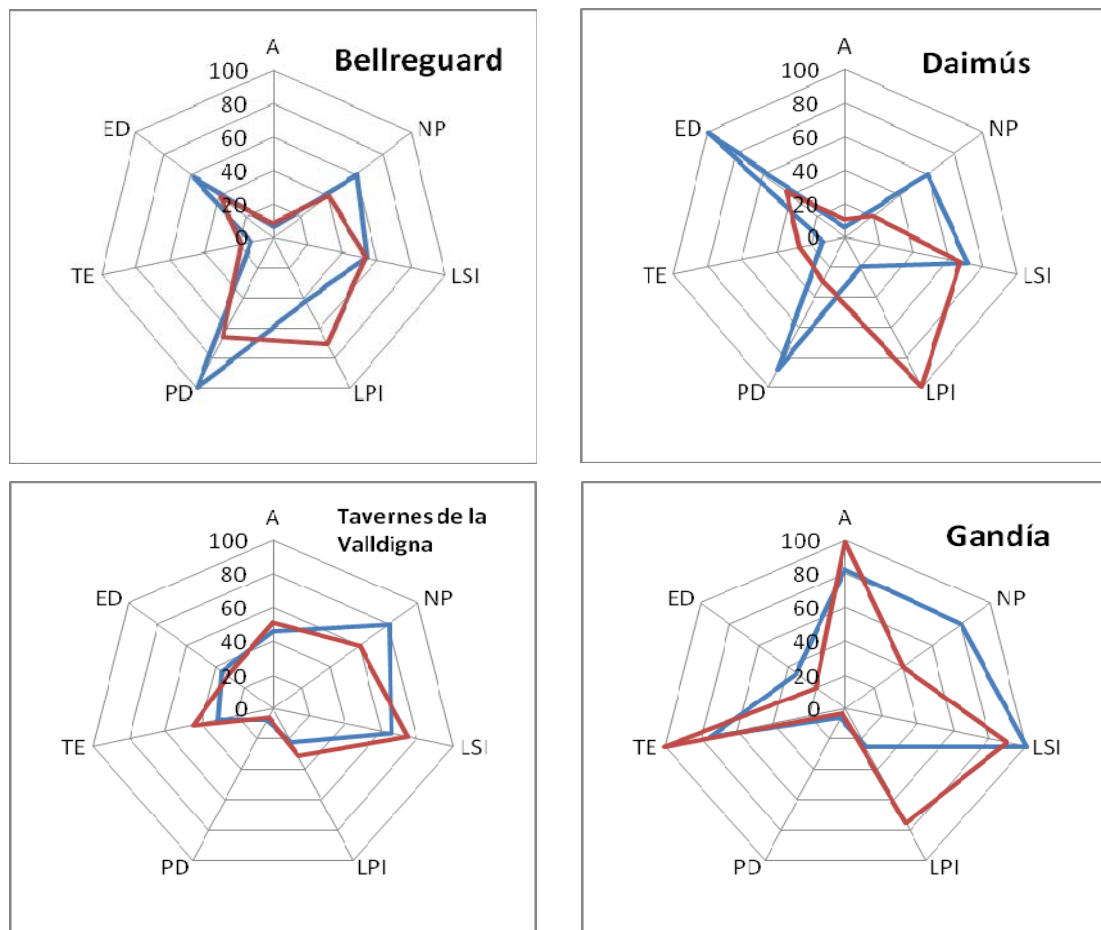
Figura 4. Gráficos de los municipios sin zona costera en la comarca de La Safor. Color rojo para el año 2007 y color azul para el año 1984



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los municipios de costa, se puede observar una tendencia decreciente en el parámetro NP y creciente del parámetro LPI entre los años 1984-2007 en los municipios de Bellreguard, Daimús, Tavernes y Gandía (Figura 5). Esto significó que el número de áreas urbanas en los municipios costeros disminuyó como consecuencia de su unión, formando así áreas más extensas. En el caso de Gandía y Daimús que tienen sus centros urbanos relativamente más próximos a la costa se observó una tendencia a unificar las zonas urbanas de 1984. Las diferencias menores de estos valores entre 1984 y 2007 en los municipios de Tavernes y Bellreguard podría ser explicada por la mayor distancia del centro urbano a la costa lo que evitó la unión de los parches de la costa con los del centro urbano.

Figura 5. Diagramas de los municipios con zona costera en la comarca de La Safor. Color rojo para el año 2007 y color azul para el año 1984



Fuente: Elaboración propia.

5. Conclusiones

El estudio muestra como se puede parametrizar la morfología de las áreas urbanas y su crecimiento mediante imágenes Landsat en zonas con una rápida y gran transformación de

suelo. Tras el análisis del crecimiento urbano en 8 municipios de La Safor a partir de las imágenes se aprecia que los municipios costeros tienden a unir los núcleos urbanizados aislados. Todo lo contrario sucede en los municipios de interior, donde se tiende a formar nuevas áreas urbanas dispersas. Otro de los fenómenos observados, es que el incremento del suelo urbano está influenciado por la distancia al centro socioeconómico dentro una comarca. También con este estudio se justifica el uso de la teledetección como una herramienta rápida y precisa para tomar decisiones en la planificación urbanística, permitir analizar el grado de desarrollo de un plan general y generar modelos de crecimiento urbanos sostenible.

En futuros análisis, la metodología utilizada en este trabajo se podría aplicar utilizando imágenes de mayor resolución espacial (QuicBird, GeoEye) lo que permitiría aumentar la precisión y cantidad de información para ser utilizada en los estudios urbanísticos.

6. Bibliografía

ANDERSON, J. R., HARDY E. E., ROACH J. T. and WITMER, R. E. *A land use and land cover classification system for use with remote sensor data*. US Geological Survey Professional Paper 964. USGS, Reston. USA, 28, 1976.

DEWAN, A. M. and YAMAGUCHI, Y. *Using remote sensing and GIS to detect and monitor land use and land cover change in Dhaka Metropolitan of Bangladesh during 1960–2005*. Environmental Monitoring and Assessment, 150: 237–249, 2009.

RUIZ, L. A., DEL REY, A., ESTORNELL, J. y RUIZ, F. *La teledetección como herramienta de análisis del crecimiento urbano y su representación en 3D*. ACE: Architecture, City and Environment, Año II (4): 675-693, 2007.

SANLI, F. B., BALCIK, F. B. and GOKSEL, C. *Defining temporal spatial patterns of mega city Istanbul to see the impacts of increasing population*. Environmental Monitoring and Assessment, 146: 267-275, 2008.

TAUBENBÖCK H., WEGMANN M., ROTH A., MEHL H., DECH S. *Urbanization in India – Spatiotemporal analysis using remote sensing data*. Computers, Environment and Urban Systems, 33: 179-188, 2009.

WU, Q., LI, H., WANG, R., PAULUSSEN, J., HE, Y., Wang, M., WANG, B., and WANG, Z. *Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS*. Landscape and Urban Planning 78: 322-333, 2006.

