

Seguimiento por teledetección de la superficie inundada en otoño - invierno en la zona de cultivo de arroz en la Albufera de Valencia

María José Checa Alonso⁽¹⁾, Rosario Escudero Barbero⁽¹⁾ y Teresa Velázquez Henar⁽²⁾

⁽¹⁾ Dpto. de Teledetección. Tragsatec. Calle Julián Camarillo, 6b. 28037 Madrid.

⁽²⁾ Servicio de Medidas de Acompañamiento de la PAC, Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Comunidad Valenciana. Plaza del Temple, 6. 46003 Valencia.

Resumen

Este trabajo se enmarca dentro de las Medidas de Control Agroambiental existentes en la Comunidad Valenciana para la protección de la flora y fauna en humedales (RD 4/2001^[1] y RD 708/2002^[2], Medida 5.1). Uno de los compromisos adquiridos por los beneficiarios de estas ayudas es “mantener inundada la superficie de cultivo de arroz por lo menos cuatro meses, durante el otoño – invierno, de las zonas tradicionales y/o colindantes a lagunas”, en un periodo de cinco años.

El Instituto Valenciano de Desarrollo Rural (IVADER) es el organismo encargado del control de esta Medida que se viene realizando por teledetección desde el comienzo de su aplicación: 2000/01 a 2005/06.

Para el seguimiento de la inundación invernal de las parcelas de arroz se han empleado entre seis y siete imágenes de satélite de media resolución de otoño–invierno (octubre a febrero). En la discriminación de la superficie inundada se han empleado, principalmente, los valores de las bandas del infrarrojo y el NDVI, contrastados con datos de campo.

1. Características de la zona de estudio

La zona de estudio está delimitada por los municipios de la provincia de Valencia acogidos a la Medida Agroambiental 5.1, Protección de flora y fauna en humedales: Actuación sobre arrozales, incluida en el Programa de Desarrollo Rural para las Medidas de Acompañamiento de la Política Agraria Común.

La mayoría de la superficie cultivada de arroz está concentrada dentro del Parque Natural de la Albufera de Valencia, situado a unos 9 km al sur del área metropolitana. El Parque Natural de la Albufera de Valencia se extiende por 13 municipios de los 20 que constituyen la zona de estudio.

La superficie del lago de la Albufera se encuentra en constante retroceso debido, tanto a los

procesos naturales, como a los inducidos por el hombre. La Albufera está alimentada por un centenar de afluentes (barrancos, ramblas, acequias, canales, etc) que recogen las escorrentías de una cuenca receptora de cerca de 920 km². Además del aporte directo de las lluvias y de los manantiales o “ullals”.

El nivel de agua en el lago y su salida al mar, se regula mediante la apertura y cierre de las compuertas de salida (golas) de Pujol, Perellonet y Perelló. El manejo de estas tres compuertas está a cargo de la Junta de Gobierno de la Comunidad de Desagüe de la Albufera, que al mismo tiempo mantiene el nivel de las aguas en función de las necesidades del cultivo del arroz e impide la entrada de agua del mar al interior del lago.

Los niveles máximos se controlan mediante unas referencias fijas que se mantienen en las compuertas de Perelló y Perellonet, a una cota de 0,45 m, sobre el nivel del mar.

2. Marco legal y Medidas de Protección de la Albufera

El Parque Natural de L'Albufera, declarado por el Consell de la Generalitat Valenciana en 1993, ocupa una extensión de 21.120 hectáreas. Además de la Laguna y la Restringa (playa, cordón litoral de dunas, bosque de La Devesa y saladares) abarca el hábitat del cultivo del arroz.

El PORN (Plan de Ordenación de los Recursos Naturales) de la Cuenca Hidrográfica de La Albufera fue aprobado en 1995 y el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural en el año 2004.

Los arrozales se configuran como ecosistemas acuáticos de poca profundidad, con elevada tasa de renovación de agua y un ciclo hidrológico sujeto al del cultivo del arroz. La supervivencia de muchas poblaciones de aves acuáticas del Parque Natural depende de la existencia del arrozal en si mismo.

Las figuras de protección legal de la zona como Parque Natural protegen la zona de cultivo del arroz, ordenando la Gestión y el Uso del terreno. A su vez, la normativa europea incluye este espacio en las

zonas ZEPAS y actualmente en la Red NATURA 2000.

3. Características agroambientales de la zona de estudio

3.1. Pluviometría

Según la clasificación de Papadakis, la Comunidad Valenciana, pertenece a la región de clima mediterráneo de tipo subtropical, con inviernos moderados y veranos calurosos [3].

Las precipitaciones medias anuales oscilan entre 400 y 500 mm para las zonas litorales y el valle del río Turia, con dos máximos de precipitación, uno en otoño y otro más débil en primavera y un acusado mínimo estival (Figura 1). Las precipitaciones de otoño se caracterizan por su elevada intensidad e irregular distribución, mientras que las de primavera son más homogéneas.

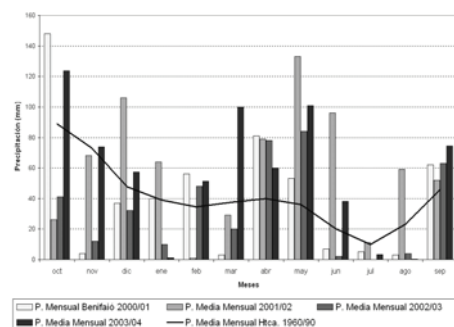


Figura 1.- Comparación de la precipitación media mensual histórica con la precipitación mensual de los años 2000/01 a 2003/04.

3.2. Características del cultivo del arroz

La producción de arroz en la Comunidad de Valencia se concentra en la provincia de Valencia, donde se produce aproximadamente el 30% del arroz nacional, y especialmente en el Parque Natural de la Albufera, en los municipios de Sueca, Sollana y Cullera.

El ciclo fenológico del arroz se extiende entre finales de abril-mayo, momento en el que se siembra y finales de agosto-septiembre en el que tiene lugar la recolección.

Durante el otoño-invierno las parcelas dedicadas al cultivo de arroz se dejan inundar para la preparación y lavado del terreno. Como norma general, la inundación invernal comienza con el

cierre de las compuertas el día 1 de noviembre y finaliza a principios de enero. El desagüe de la Albufera se completa a finales de febrero o principios de marzo con la ayuda de motores y bombas en las zonas bajas [4].

El riego e inundación de los campos con las aguas del lago se haya regulado por la Junta de Desagüe de la Albufera.

4. Metodología

Para el seguimiento anual del periodo de inundación de otoño-invierno de los campos dedicados al cultivo del arroz se han adquirido entre 6 y 7 imágenes de media resolución (Landsat, IRS LISS y Spot) por campaña, además de una imagen de verano, con el fin de determinar la superficie cultivada de arroz.

La discriminación de la superficie inundada y cultivada se ha llevado a cabo definiendo valores umbrales de reflectividad, contrastados con apoyo de campo, para las bandas del infrarrojo cercano y medio y del Índice de Vegetación Normalizado (NDVI).

4.1. Procesado de imágenes de satélite

Con el fin de hacer las imágenes comparables entre sí se realizó una calibración radiométrica de las mismas: paso de niveles digitales (ND) a valores de reflectividad (Markham and Barker, 1.987) y corrección del histograma por sus valores mínimos (Corrección de Chavez, 1.988).

Posteriormente se realizó la corrección geométrica de las imágenes aplicando un modelo polinomial para las imágenes Landsat e IRS LISS y paramétrico para SPOT, utilizando puntos de control tomados sobre la ortofoto del SIG Oleícola (OLISTAT, vuelo 1:40.000 en B/N del año 1997/98). Además, se verificó la precisión cartográfica de las imágenes ya georreferenciadas en 25 puntos de validación.

4.2. Análisis de imágenes de satélite

En la discriminación de la superficie inundada se han empleado las bandas del infrarrojo, donde la absorptividad es mayor. La mayor reflectividad para el agua clara se produce en el azul, reduciéndose paulatinamente hacia el infrarrojo cercano (IRC) y el infrarrojo medio (IRM), donde es prácticamente nula [5].

Los principales problemas a la hora de discriminar la superficie inundada surgieron en las zonas encharcadas o con escasa lámina de agua, donde la respuesta del agua se mezcla con la del suelo y en las zonas con abundante vegetación.

La superficie cultivada de arroz se determinó a partir del NDVI de la imagen de verano, momento en que el arroz ya ha emergido y presenta una alta actividad vegetativa.

Los valores umbrales establecidos para la discriminación de superficie inundada y cultivada de arroz se han validado con datos de campo, tomados en las dos últimas campañas, en una serie de parcelas de control. En el caso de la superficie inundada, se han discriminado tres clases: inundado, encharcado y húmedo. De estas tres clases sólo se han considerado como superficie inundada las dos primeras.

Los valores umbrales empleados en la discriminación de superficies están resumidos en la Tabla 1, si bien estos umbrales han sido revisados y ajustados a cada una de las imágenes empleadas en el estudio.

Una vez obtenida la superficie inundada para las imágenes de otoño – invierno, se ha utilizado la imagen de verano para depurar esta superficie, eliminando los canales y acequias, evitando de esta forma sobredimensionar la superficie inundada.

Tabla 1: Valores umbrales empleados en la discriminación de superficies inundadas y cultivadas

	IRC	IRM	NDVI
Z. inundadas	< 0.09	< 0.07	
Z. encharcadas	0.09-0.19	0.07-0.16	
Cultivo de arroz			> 0.6

4.3. Elaboración de resultados

Del análisis multitemporal de las imágenes se obtuvieron una serie de intervalos de inundación: periodo continuo, discontinuo y fecha única. Posteriormente, estas clases se agruparon en dos categorías: superficie inundada más de cuatro meses (superficie que cumple con el compromiso de la Medida 5.1^[2]) y superficie inundada menos de cuatro meses.

En la Tabla 2 están resumidos los datos de superficie inundada y cultivada de arroz obtenidos en cada una de las campañas.

Tabla 2: Resumen de superficies (ha): Acogida al Programa Agroambiental, declarada, inundada y cultivada de arroz.

	Sup. Acog. Progr. Agroam	Sup. Declar. Arroz	Sup. Inund. > 4 meses	Sup. Inund. < 4 meses	Sup. Cultiv. de Arroz
Camp. 2000/01	12.147	14.441	6.123	8.562	13.960 (año 99)
Camp. 2001/02	13.662	14.351	8.014	6.498	15.177
Camp. 2002/03	14.497	14.622	6.211	7.692	15.201
Camp. 2003/04	14.656	14.695	7.556	7.547	15.155

5. Resultados

- La extensión y duración de la inundación están estrechamente relacionadas con el régimen pluviométrico anual y con la regulación interna de los niveles de agua en el lago, practicada por la Junta de Gobierno de la Comunidad de Desagüe de la Albufera (Figura 2).

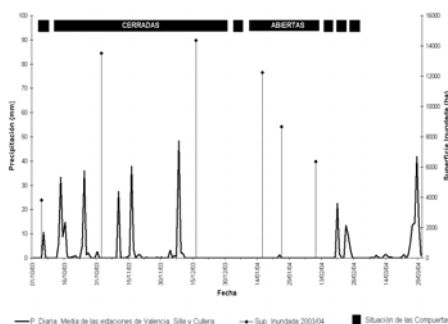


Figura 2.- Correlación entre precipitación y superficie inundada.

- La distribución y cuantía de las lluvias otoñales es el principal factor desencadenante de la inundación en la zona de la Albufera, reforzado por el aporte de agua a través de las diversas acequias y manantiales. En los años en las que las precipitaciones otoñales son escasas la extensión de la inundación se reduce y se retrasa el pico de inundación máxima.
- La dinámica de la inundación es distinta en las dos márgenes del Júcar. La margen izquierda está regulada, principalmente, por el nivel de agua existente en el lago de la Albufera y el caudal aportado por los manantiales y acequias, mientras que en la margen derecha, la

extensión de la inundación está regulada por los caudales de riego procedentes de las acequias del Júcar.

- Evolución de la inundación (Figura 3):
 - La inundación comienzan con el llenado de los “tancats” situados alrededor del lago (zonas de cota más baja) y con la inundación de la parte alta del municipio de Sueca donde existen numerosos afloramientos de agua y acequias procedentes del río Júcar (Mayor, Canal, Campanar, la Losa, etc.)
 - El retroceso de la inundación coincide con la apertura de las golas a primeros de enero. En líneas generales, el desagüe de la Albufera es bastante rápido para las cotas más altas, retrasándose hasta marzo para las zonas próximas al lago y área posterior al cordón litoral, donde las cotas son menores.

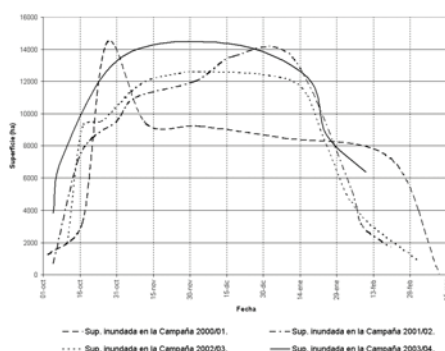


Figura 3.- Evolución de la superficie inundada anual en el periodo otoño-invierno.

6. Conclusiones

- La metodología presentada en el artículo ha demostrado ser de gran utilidad en el control del compromiso de mantener inundada durante 4 meses en otoño-invierno los campos dedicados al cultivo de arroz (medida agroambiental 5.1) a una escala de trabajo media y para el conjunto de zona de estudio.
- En la campaña 2004/05 se pretende realizar un estudio piloto. Este estudio tiene como objetivo hacer el seguimiento a nivel de recinto

SIGPAC utilizando las imágenes de media resolución. Si bien, son evidentes las importantes limitaciones de escala espacial que presenta el estudio.

- Para realizar un control efectivo de esta medida, el seguimiento de la inundación debería realizarse a nivel de recinto SIGPAC. Esto haría necesario emplear imágenes multiespectrales de alta (inferior a 10 m de pixel) o muy alta resolución espacial (inferior a 5 m de pixel), debido al pequeño tamaño de las parcelas de arroz (superficie media de las parcelas < 1ha).

7. Agradecimientos

Agradecemos al IVADER la información proporcionada y el interés de todo el personal implicado en el desarrollo del proyecto.

8. Referencias

- [1] RD 4/2001 de 12 de enero, por el que se establece un régimen de ayudas a la utilización de métodos de producción agraria compatibles con el medio ambiente.
- [2] RD 708/2002 de 19 de julio, por el que se establecen medidas complementarias al Programa de Desarrollo Rural para las Medidas de Acompañamiento de la Política Agraria Común.
- [3] Pérez Cueva, A. J., 1994. Atlas climático de la Comunidad Valenciana. 1961-1990. Generalitat Valenciana. Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports.
- [4] www.albufera.com
- [5] Chuvieco, E. 1996. Fundamentos de teledetección espacial. Ediciones Rialp. Madrid. 568 pp.