

VALIDACIÓN Y PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA CAPA DE ALTA RESOLUCIÓN DE HUMEDALES DEL PROYECTO COPÉRNICO

Rebeca Ruíz-Martínez¹, Ana Isabel Marín-Guerrero^{1,2}, Dania Abdul Malak²

¹ Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga, Departamento de Ecología y Geología, Bulevar Louis Pasteur, Campus Universitario de Teatinos, 29071, Málaga, España. rebecageo@uma.es.

² Centro Temático Europeo de la Universidad de Málaga (ETC-UMA), C\Francisco Peñalosa, Edificio Ada Byron, 29010, Málaga, España). aimarin@uma.es, daniaabdulmalak@uma.es.

RESUMEN

El presente trabajo presenta una validación de la capa de Alta Resolución de Humedales del Programa Copérnico a escala regional sobre la Comunidad Autónoma de Andalucía. La Capa de Alta Resolución de Humedales (HRL humedales) a escala europea, ha sido desarrollada por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), junto con la Agencia Espacial Europea (ESA) a partir de imágenes satélite y técnicas de teledetección con el objetivo de aportar información accesible y precisa sobre aspectos ambientales para el cumplimiento de las obligaciones de los Estados miembros. Actualmente, esta capa se encuentra en fase de redefinición y mejora metodológica.

La metodología de validación utilizada se ha basado en el análisis comparativo de la superficie total de humedales detectada (validación no espacial) y en la obtención de matrices de confusión e índices de precisión derivados (validación espacial). Los resultados obtenidos muestran que la exactitud temática de la capa de HR de humedales no es suficiente para que sea de utilidad en las tareas de gestión de humedales y en desarrollo de políticas locales, regionales, o nacionales. La inconsistencia entre información de la capa de HR de humedales y las capas de referencia se debe principalmente a la carencia de una definición hidrológica - ecológica en la metodología de producción de la capa de HR.

Con el objetivo de mejorar la capa de HR de humedales del Programa Copérnico se han incluido algunos aspectos básicos que supondrían una mejora sustancial del producto ofrecido por la ESA y la AEMA.

Palabras clave: Alta resolución; Programa Copérnico; teledetección; validación; imágenes satélite; matriz de confusión.

ABSTRACT

This paper focuses on the validation of Pan-European High Resolution Layer of wetland (HRL of wetlands) from Copernicus programme at regional scale - Autonomous Community of Andalusia-. The HRL of wetlands has been created by European Environment Agency (EEA) and the European Space Agency (ESA) from satellites images and remote sensing in order provide accurate, timely and easily accessible information related to the environmental obligations of the Members States.

The validation methodology was based on a comparative analysis of the wetlands area (statistical validation) and on a spatial validation through confusion matrix and accuracy metric derivatives. The results obtained at regional scales showed that accuracy of results is insufficient to be used a national and regional scales; the two types of validation have given high error rates. The inconsistency between the HRL wetland and the reference layers is mainly due to the lack of definition of the wetland's ecological character.

In order to improve the HRL of wetland, several suggestions about this layer have been included aiming to lead a substantial improvement of the product offered by ESA and the EEA.

Keywords: High Resolution; Copernicus Programme; remote sensing; validation; satellites images; confusion matrix.

1. INTRODUCCIÓN

La gestión de los humedales dentro de los compromisos adquiridos en la Convención de Ramsar implica la elaboración de inventarios nacionales de humedales, así como realizar una evaluación y monitoreo del estado y de las presiones que podrían producir cambios en las características ecológicas de los mismos.

Con el objetivo de ayudar a los Estados miembros a cumplir con sus obligaciones políticas, la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) y la Agencia Espacial Europea (ESA), están desarrollando, dentro del Programa Copérnico, la Capa de Alta Resolución de Humedales (en adelante HRL de humedales) a escala europea. Copérnico es un sistema europeo de vigilancia de la Tierra, basado en teledetección y sensores in-situ que proporciona información precisa, fiable y actualizada sobre la superficie terrestre. Sin embargo, la HRL de humedales es uno de los productos de Copérnico que más controversia ha generado por la falta de consenso conceptual del producto y por la deficiencia en la identificación de los elementos cartografiados con respecto a los productos nacionales. Actualmente esta capa se encuentra en una fase de análisis y validación por los Estados y por la propia AEMA.

En este contexto se ha desarrollado el presente trabajo que pretende, en términos generales, aplicar diferentes técnicas de validación para evaluar el nivel de detección de humedales de esta capa, con el fin de estimar la validez de la misma para ser utilizada en programas de conservación, gestión y manejo de humedales.

El proceso de validación se ha realizado mediante la comparación de la HRL con mapas de referencia existentes, fotografías aéreas o datos recolectados en campo. Las capas de referencia utilizadas para la validación de la HRL de humedales son: mapa de usos y coberturas del suelo -CLC-, el Inventario de humedales de Andalucía -IHA-, la base Cartográfica Nacional a escala 1:25.000 -BCN25-, y fotografías satelitales de Google Earth.

La alta diversidad en la concepción y definición de los humedales existente en la literatura científica supone un hándicap para la realización de los análisis comparativos y consecuentemente para la validación de la HRL de humedales. Actualmente no existe una definición de humedal consensuada a nivel global y las que existen suelen mezclar conceptos muy dispares desde el punto de vista ecológico. En lo referente a la identificación, inventario y delimitación de humedales, es indispensable poseer una definición científica que refleje el concepto ecológico de humedal con el fin de disponer de criterios objetivos para identificar si un determinado espacio, es o ha sido, hidrológica y ecológicamente, un humedal. En esa línea la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio desarrolló en el Plan Andaluz de Humedales (PAH) una definición, de carácter científico, adaptada a las características propias del rico y variado patrimonio de humedales que posee Andalucía.

En este trabajo, debido a que (1): la principal finalidad de la capa de HR es que puedan ser utilizadas en programas de conservación, gestión y manejo de humedales; (2): que cualquier estrategia sólida y efectiva de conservación de los humedales de un territorio, debe partir de una definición científica de humedal (CMAJA, 2002), se utiliza como definición de referencia la adoptada por el PAH.

2. ÁMBITO DE ESTUDIO

La Comunidad autónoma andaluza posee el patrimonio natural de humedales litorales e interiores más ricos y mejor conservados de España y de la Unión Europea, albergando el 17% del total de las zonas húmedas españolas, que en superficie supone el 56% de la extensión total de las áreas inundables españolas. Estos enclaves cuentan con una alta diversidad de tipos ecológicos, algunos como los de las lagunas endorreicas hipersalinas, únicos en el ámbito de la Unión Europea.

La creación del Inventario de Humedales de Andalucía (IHA) pretende recoger catalogada y sistemáticamente todos los humedales existentes que tengan un especial valor natural. Se constituye como instrumento al servicio de las funciones de planificación y programación de la Consejería en materia de espacios naturales. El

IHA cuenta en la actualidad con 189 humedales, de los cuales 25 están incluidos en la Lista Ramsar. Estas áreas suponen además el 44,7% de los enclaves incluidos en la Red de Espacio Naturales Protegidos de Andalucía.

3. METODOLOGÍA

La validación de las capas de información geográfica se ha realizado por varios procedimientos. El más sencillo es el **proceso de validación no espacial**, que consiste en el análisis comparativo de la superficie total definida como humedal en la capa a validar y las capas de referencia. En este tipo de validación se utilizan como capas de referencia el IHA y la BCN25. Este método proporciona el grado de ajuste entre dos fuentes, pero no informa sobre dónde se presentan los errores. Se realizan dos tipos de análisis comparativos:

1) Análisis comparativo simple de la superficie total definida como humedal en la capa objeto de estudio y en las capas de referencia. El objetivo principal de este primer análisis es conocer, a priori, las diferencias más significativas de la superficie total de humedales detectada entre ambas capas.

2) Análisis comparativo detallado de superficie total de humedales pixel a pixel, cuyo objetivo es calcular los errores y el porcentaje de coincidencia entre ambas capas:

- Error A: porcentaje de área de humedal detectado en la capa de HR de humedales que no se encuentra en la capa de referencia.
- Error B: porcentaje de área definido como humedal en las capas de referencia que no han sido detectadas en la capa de HR de humedales.
- Coincidencia: porcentaje de área definido como humedal tanto en las capas de referencia como en la capa de HR de humedales.

El segundo método consiste en seleccionar una muestra de lugares y determinar las relaciones entre la capa objeto de estudio y la de referencia a partir de una matriz de confusión (Strahler, et al., 2006). Estas validaciones se denominan **validaciones espaciales**, porque ofrecen una imagen del patrón espacial del error. La matriz de confusión indica, de forma tabular, las correspondencias entre las clases del producto a evaluar y el de referencia (Moreno y Chuvieco, 2009). La diagonal de la matriz expresa el número de puntos de muestreo donde se produce un acuerdo entre las dos capas, mientras que los elementos situados fuera de la diagonal son errores de clasificación. La matriz de confusión permite estimar la precisión global y los errores de clasificación de la capa objeto de estudio, mediante:

- Precisión global (**F**): relación del número de píxeles correctamente clasificados y el total de píxeles muestreados.

$$F = \frac{\sum_{i=1,n} X_{ii}}{\sum_{i=1,n} \sum_{j=1,n} X_{ij}}$$

Donde X_{ii} son los píxeles correctamente asignados y n es el tamaño de la muestra.

- Error de comisión (**Ec**): píxeles clasificados como humedales en la capa objeto de estudio pero la validación demuestra que en realidad no lo son.
- Error de omisión (**EO**): píxeles que no están clasificados como humedales en la capa objeto de estudio, pero la validación demuestra que en realidad son humedales.

$$E_{c,i} = \frac{X_{i+} - X_{ii}}{X_{i+}} \quad E_{o,i} = \frac{X_{+i} - X_{ii}}{X_{+i}}$$

Donde X_{i+} indica el marginal de la fila i , X_{ii} la diagonal de dicha fila, X_{+i} indica el marginal de la columna i y X_{ii} la diagonal de dicha columna.

A partir de los errores de comisión y omisión se calculan la precisión del usuario (F_u) y del productor (F_p), siendo la precisión del usuario la inversa del error de comisión y la precisión del productor la inversa de del error de omisión:

$$F_{p,i} = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \quad F_{u,i} = \frac{X_{ii}}{X_{i+}}$$

Otra medida de exactitud es el estadístico Kappa (K) (Cohen, 1960), que mide la diferencia entre el acuerdo mapa-realidad observado y el que cabría esperar aleatoriamente. Este valor intenta delimitar el grado de ajuste debido sólo a la exactitud de la clasificación, prescindiendo del causado por factores aleatorios (Congalton, 1991). Se estima mediante la siguiente fórmula

$$K = \frac{n \sum_{i=1,n} X_{ii} - \sum_{i=1,n} X_{i+} X_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1,n} X_{i+} X_{+i}}$$

Donde n es el tamaño de la muestra, X_{ii} el acuerdo observado y el producto de los marginales ($X_{i+} X_{+i}$) el acuerdo esperado en cada categoría. El valor K varía entre -1 y 1

Landis y Kock (1977), propusieron una gradación del nivel de concordancia entre las capas analizadas de acuerdo con el valor del coeficiente K (Tabla 1) y, desde entonces, ha sido ampliamente usada:

Valor de K	Grado de acuerdo
< 0	Sin acuerdo
0 - 0,2	Insignificante
0,2 - 0,4	Bajo
0,4 - 0,6	Moderado

Tabla 1. Escala de valoración del coeficiente Kappa

Para realizar la validación espacial se han abordado dos tipos de análisis que se complementan entre sí: la validación espacial basada en píxeles y la basada en la entidad espacial "humedal". En ambos casos, se parte de una muestra de puntos de análisis y validación que son contrastados a estas dos escalas. El método de muestreo consiste en seleccionar la muestra dividiendo la población en regiones o estratos, para posteriormente seleccionar puntos de muestreo de forma aleatoria de ambos estratos (Chuvieco, 1995). Se crean dos estratos:

- Estrato 1: superficie correspondiente al error A (área definida como humedal en la capa de objeto de estudio que no ha sido detectada en las capas de referencia) calculado en el proceso de validación no espacial. Se utiliza para la estimación de los errores de comisión.
- Estrato 2: superficie correspondiente al error B (área definida como humedal en las capas de referencia pero que no han sido detectada en las capa objeto de estudio) calculado en el proceso de validación no espacial. Se utiliza para la estimación de los errores de omisión.

En el **proceso de validación espacial basada en píxeles** los puntos de muestreo se asocian a un píxel de la capa de manera que a cada punto le corresponde el valor del píxel espacialmente coincidente tanto en la capa a validar como en la capa de referencia, con el fin de comparar la información contenida en ellos. En este proceso de validación se utiliza el CLC como producto de referencia.

El **proceso de validación espacial basada en humedales** se compara el humedal asociado a cada punto de muestreo con la realidad del terreno mediante fotointerpretación (imágenes satelitales de Google Earth). Se ha utilizado adicionalmente en los casos en los que podía haber dudas el IHA (configurado según las directrices del PHA) con el fin de identificar que unidad geográfica es o no realmente un humedal. Esta técnica de análisis

permite obtener una mejor visión de la información representada en la capa a validar ya que al trabajar a nivel de "entidad espacial" evita contabilizar como error aquellos casos en los que, por ejemplo, la capa analizada tiene identificado el humedal aunque con un área y/o delimitación diferente lo que llevaría a que los puntos de muestreos localizados en los bordes (por el propio proceso de aleatoriedad) pudiesen ser detectados como error. De acuerdo con las especificaciones de la AEMA, se considera error de omisión cuando la cobertura del humedal detectada por la capa de HR es inferior al 30 % de la cobertura real.

4. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el **proceso de validación no espacial**, los resultados del análisis comparativo simple muestran que la superficie de humedal cartografiada en las capas de referencia (134.990 Ha el IHA y 50.440 Ha la BCN25) es muy superior a la superficie de humedal detectada en la capa de HR de humedales (21.233 Ha). Los resultados del análisis comparativo detallado pixel a pixel de las diferentes clases existentes (tabla 2) muestran como tanto el error A como el error B son muy elevados y el nivel de coincidencia entre ambas capas es muy bajo.

Errores y grado de coincidencia (%)	Comparativa HRL humedales y IAH	Comparativa HRL humedales y la BCN25
Error A	80,6	80,95
Error B	96,9	91,81
Coincidencia	19,3	19,03

Tabla 2. Resultados obtenidos en el análisis comparativo de superficie de humedales pixel a pixel

La matriz de confusión generada en el **proceso de validación basado en pixeles** muestra errores de comisión y omisión altos (Tabla 3). La precisión global del proceso es del 58%, sólo el 58% de los pixeles muestreados pertenecen a la misma clase en las capas comparadas. El estadístico *K* ofrece un valor de 0,16 lo que indica, según la clasificación del estadístico Kappa (tabla 1), que el grado de ajuste entre ambas capas es insignificante. Estos resultados indican que el éxito global de la clasificación es bajo, ya que la precisión global no alcanza el valor mínimo estandarizado y aceptado en un 80% para poder decir que la clasificación ha sido exitosa.

	Capa de Referencia CLC					
		Clase 1 (Sí Humedal)	Clase 2 (No Humedal)	Total	Precisión del usuario	Error de Comisión
Capa de HR de humedales	Clase 1 (Sí Humedal)	323	477	800	40,38%	59,63%
	Clase 2 (No Humedal)	194	606	800	75,75%	24,25%
	Total	517	1083	1600		
	Precisión del productor	62,48%	55,96%			
	Error de Omisión	37,52%	44,04%			

Tabla 3. Matriz de confusión generada en el proceso de validación espacial basado en pixeles

En la matriz de confusión generada en el **proceso de validación espacial basado en humedales** (Tabla 4) se observa que para la clase 1 (presencia de humedales), tanto la precisión del usuario como la del productor son muy bajas, un 8 % y un 9,64 % respectivamente, lo que consecuentemente se traduce en un alto valor de los errores de comisión y omisión.

		<i>Capa de Referencia. Ortofotografías de Google Earth</i>				
		Clase 1 (Sí Humedal)	Clase 2 (No Humedal)	Total	Precisión del usuario	Error de Comisión
<i>Capa de HR de humedales</i>	Clase 1 (Sí Humedal)	8	92	100	8,00%	92%
	Clase 2 (No Humedal)	75	25	100	75,75%	75%
	Total	83	52	200		
	Precisión del productor	9,64%	21,37%			
	Error de Omisión	90,36%	78,63%			

Tabla 4. Matriz de confusión generada en el proceso de validación espacial basado en humedales

La foteointerpretación (Figura 1) muestra los principales errores de comisión en las zonas temporalmente secas dentro de los límites de las cuencas de los embalses y en superficies de agua permanentes, tanto naturales (ríos, lagos) como artificiales (balsas de riego, balsas para ganado, lagunas artificiales de campos de golf, piscinas etc.). Otros errores de comisión importantes se localizan en grandes áreas de cultivo de arroz y en terrenos agrícolas de regadío. Además, existen errores de comisión aislados en zonas de construcción como vías de comunicación y parkings.

En cuanto a los errores de omisión, los errores más importantes se detectan en humedales costeros (marismas, zonas llanas intermareales, albuferas, estuarios y salinas). Tanto es así que uno de los humedales más importantes de España, como es el caso de las Marismas de Doñana, es omitido completamente en la HRL de humedales. Los humedales interiores tampoco son detectados en su totalidad, existen muchos casos en los que la capa de HR sólo detecta una mínima parte de la extensión del humedal e incluso en algunas ocasiones, quedan completamente omitidos.

Figura 1. Errores de clasificación detectados en el proceso de validación espacial basada en humedales. Las imágenes muestran en magenta la capa de HR de humedales



Figura 1. A Error de Comisión: Embalse de la Breña localizado en Almodóvar del Río (Córdoba).



Figura 1. B Error de Comisión: ribera del río Guadalquivir incorrectamente clasificado como humedal



Figura 1. C Error de Comisión: Lagunas artificiales del campo de golf de El Ejido (Almería).

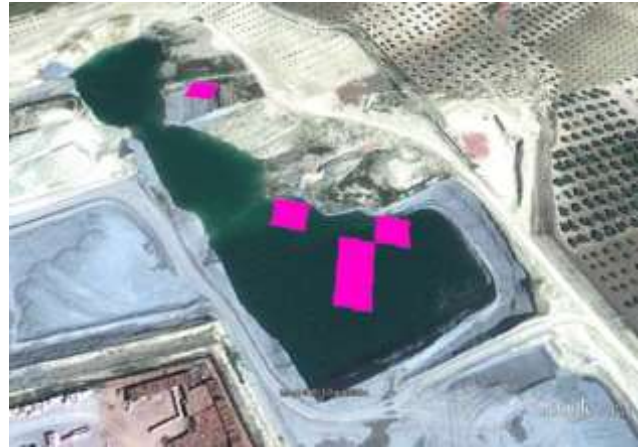


Figura 1. D Error de Comisión: zona de extracción minera localizada en Bailén (Jaén).



Figura 1. E Error de omisión: Marisma de Doñana (Huelva).



Figura 1. F Error de omisión: Laguna del Taraje localizada en Puerto Real (Cádiz) parcialmente omitida.

Los resultados obtenidos en los procedimientos de validación aplicados a la capa de HR de humedales muestran que la exactitud temática no es suficiente para apoyar a los Estados Miembros en sus actividades nacionales de inventariado y monitoreo para la gestión de los humedales. La información de la HRL de humedales no es consistente con las fuentes de información de humedales existentes en nuestro país, debido principalmente a la propia definición de humedal desarrollada en la metodología de detección de la capa de HR humedales en la que se muestra como esta capa excluye las superficie de aguas permanente, llegando incluso a incluir únicamente los márgenes de humedales.

Con el fin de superar estos inconvenientes, se ha procedido a realizar una propuesta de mejora mediante la creación de una capa de humedales basada a la definición científica de humedal del PAH. (Figura 2). El enfoque estándar consiste en combinar espacialmente la capa de HR de aguas permanentes (otra capa de alta resolución perteneciente al proyecto Copérnico) con la capa de HR de humedales para posteriormente derivar a partir de ésta una nueva capa que contenga únicamente los humedales cartografiados en el IHA. Para solventar los errores de omisión del IHA detectados en el proceso de validación basado en humedales de la capa de HR de humedales (humedales detectados tanto en la capa de HR como en el CLC que no se encuentran cartografiados en el IHA), como paso final del proceso, se realiza la superposición de la capa generada con estos errores. El objetivo principal de esta propuesta de mejora es determinar el grado de detección de humedales de las capas de HR en base a una definición científica de humedal para poder conocer cómo influiría en la calidad de las capas de HR el aporte por parte de los Estados de toda la información existente en ellos.

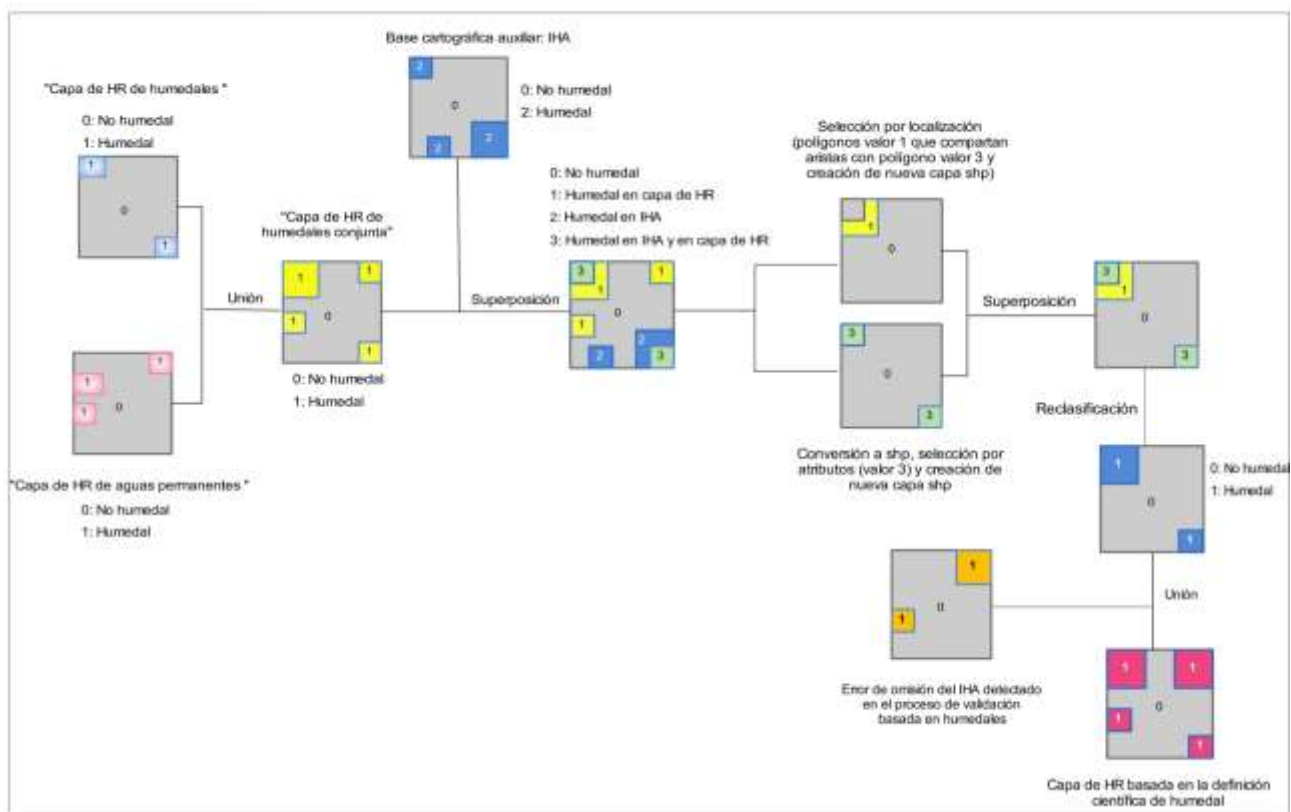


Figura 2. Metodología seguida para la creación de una capa de HR de humedales basada en la definición científica de humedal adoptada por el PHA

La HRL de humedales basada en la definición científica ha sido sometida a los mismos procesos de validación que la capa original de Copérnico para cerciorar que realmente existe una mejora respecto a la original. Los resultados del análisis comparativo detallado de la Superficie Total de Humedales pixel a pixel (Tabla 5) muestran como el error A disminuye considerablemente, mientras que el error B continua siendo muy elevado en ambas comparativas.

Errores y grado de coincidencia (%)	Comparativa HRL humedales y IAH	Comparativa HRL humedales y la BCN25
Error A	4,85	23,46
Error B	94,75	90
Coincidencia	61,96	43,35

Tabla 5. Resultados obtenidos en el análisis comparativo de superficie de humedales pixel a pixel

En la tabla 6 se muestran los resultados de la matriz de confusión generada en el proceso de validación espacial basado en pixeles. La precisión global es del 81,8 %, por lo que se alcanza el valor mínimo estandarizado y aceptado en un 80% para poder decir que la clasificación ha sido exitosa. El coeficiente Kappa ofrece un valor de 0,57 lo que indica, según la clasificación del estadístico Kappa propuesta por Landis y Koch (tabla 1), que el grado de acuerdo es moderado.

Capa HR de humedales definición científica	Capa de Referencia CLC					
		Clase 1 (Sí Humedal)	Clase 2 (No Humedal)	Total	Precisión del usuario	Error de Comisión
	Clase 1 (Sí Humedal)	332	57	389	85,35%	14,65%
	Clase 2 (No Humedal)	234	977	1211	80,68%	19,32%
	Total	566	1034	1600		
	Precisión del productor	58,66%	94,49%			
Error de Omisión	41,34%	5,51%				

Tabla 6. Matriz de confusión generada en el proceso de validación espacial basado en píxeles

A nivel de humedal, se logra reducir el error de omisión al 31.6% (Tabla 7). Este valor de error se debe a que una gran parte de los humedales no son detectados, o la superficie detectada es inferior al 30% de la superficie real (Figura 3). En cuanto al error de comisión se consigue erradicar por completo debido a que las entidades espaciales no recogidas en el IHA (ríos, embalses etc.,) quedan excluidas de esta nueva capa.

Capa HR de humedales definición científica	Capa de Referencia. Ortofotografías de Google Earth					
		Clase 1 (Sí Humedal)	Clase 2 (No Humedal)	Total	Precisión del usuario	Error de Comisión
	Clase 1 (Sí Humedal)	100	0	100	100%	0%
	Clase 2 (No Humedal)	46	54	100	54%	46%
	Total	146	52	200		
	Precisión del productor	68,4%	100%			
Error de Omisión	31,6%	0				

Tabla 7. Matriz de confusión generada en el proceso de validación espacial basado en humedales

Figura 3. Errores detectados en el proceso de validación espacial de la capa de HR basada en la definición científica. Las imágenes muestran en magenta la capa de HR de humedales, en azul la capa de HR de aguas permanentes y en blanco los límites del IHA.



Figura 3. A Error de omisión. Marismas de Barbate (Cádiz) en la que se detecta menos del 30% de su superficie

Figura 3. B Error de omisión. Laguna de Rincón del Muerto localizada en Baena (Córdoba) completamente omitida.

5. CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo es la validación de la capa de HR de humedales del Programa Copérnico mediante la comparación con unos productos regionales más fiables para la obtención de una medida de cuantificación sobre su exactitud global. Los resultados que se han obtenido de la evaluación de la exactitud mediante la matriz de confusión muestran un bajo grado de ajuste con los datos de referencia (CLC), tanto en la precisión global como en el estadístico k (P.G= 58%, K= 0,16). Este hecho se debe fundamentalmente a que la capa de HR de humedales de Copérnico fue generada de acuerdo con una definición poco rigurosa y ambigua de humedal más próxima a la detección de aguas temporales que al concepto de humedal, lo que conlleva a que se incluya los márgenes de ríos y embalses y, a que, en muchos casos sólo se detecte los bordes de las lagunas y las marismas. Como consecuencia, la exactitud temática no es suficiente para apoyar a los Estados miembros en sus actividades nacionales de cartografía y de monitoreo para la gestión de los humedales.

Con el objetivo de superar estos inconvenientes, en el marco de este trabajo se ha propuesto una posible mejora de la capa de HR de humedales basada en la definición científica de humedal del PAH. Los resultados obtenidos de la evaluación de la exactitud (P.G= 81,8 %, K= 0,57) demuestran que esta capa presenta mejor ajuste con la capa de referencia. La precisión global supera el valor mínimo exigido por lo que la clasificación se considera satisfactoria. Por tanto, se considera esta propuesta una mejora sustancial de los resultados y de la utilidad de la capas aportadas por el Programa Copérnico, en el caso de que se extrapolaran los resultados a nivel europeo.

Finalmente, cabe destacar que, aun salvando los problemas asociados al concepto de humedal, dentro del Programa Copérnico existen importantes errores asociados al proceso de captura de imagen satelital o al posterior procesamiento y su resolución que, aunque quedan fuera del alcance de este trabajo son cruciales ya que, humedales tan importantes como el de la Marismas de Doñana, no han sido identificados en la capa HR de humedal ni en la capa HR de agua permanente. Este hecho hace que la capa de HR de humedales no sea útil en la gestión de los humedales por parte de los Estados por lo que, actualmente, se encuentra bajo un proceso de redefinición y mejora.

6. BIBLIOGRAFÍA

CMAJA. (2002): *Plan Andaluz de Humedales. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.*

Strahler, A. H., Boschetti, L., Foody, G. M., Friedl, M. A., Hansen, M. C., Herold, M., & Woodcock, C. E. (2006): *Global land cover validation: Recommendations for evaluation and accuracy assessment of global land cover maps.* <http://landval.gsfc.nasa.gov/pdf/GlobalLandCoverValidation.pdf>, Luxemburgo, Office for Official Publications of the European Communities.

Moreno, V. y Chuvieco, E. (2009): "Validación de productos globales de cobertura del suelo en la España Peninsular", *Revista de teledetección*, 31, 5-22.

Congalton, R. G. (1991): "A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data", *Remote Sensing of Environment*, 37, 35-46.

Cohen, J. (1960): "A coefficient of agreement for nominal scales", *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37-46.

Landis, J. R. y Kock, G. G. (1977): "The measurement of observer agreement for categorical data", *Biometrics*, 159-174.

Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial* (2da ed.). Madrid, RIALP, S.A.