

Durant l'última dècada, diversos grups d'investigació s'han enfocat en el desenvolupament de la tecnologia de sensors de satèl·lits y la seua explotació a la fi d'obtindre en temps real una estimació de la pluja a escala global. L'utilitat d'aquestes medicions és clara, tant per als models de circulació global com per als models de modelització hidrològica en escales menors, com seria el cas de de conques poc o res instrumentalitzades y amb això, enfortir la capacitat de gestió dels recursos hídrics, millorar la predicció del clima i desastres naturals, i oferir rigor científic que ajude a prendre decisions informades. Actualment, la pluja estimada per satèl·lit està subjecta a diferents errors deguts a problemes instrumentals, naturalesa del sistema de medició, simplificacions teòriques i relacions complexes entre les diferents variables observades i la pluja, entre altres raons (Nikolopoulos *et al.*, 2010; Semire *et al.*, 2012); això podria limitar el seu ús en aplicacions hidrològiques. Per aquest motiu, la reducció d'aquest error és clau per a la seua aplicació hidrològica.

L'objectiu de la tesi és avaluar l'utilitat de dos productes de pluja estimada de satèl·lit, a través d'un model hidrològic distribuït en una conca Mediterrània extratropical, com una alternativa d'estimació de la precipitació en aquelles regions on els pluviòmetres convencionals són escassos o inexistents. La zona d'estudi és la conca del riu Xúquer que està localitzada a l'est de la Península Ibèrica (València, Espanya) amb una àrea drenada de 21,500 km², cabal mitjà de 43 m³/s, pluja mitjana de 500 mm i temperatura mitjana de 14°C. El relleu està format per cadenes de muntanyes del sistema Ibèric, un altiplà continental i una plana costanera; amb altituds màximes de 1770 msnm. Els productes de satèl·lit tenen una resolució temporal diària i resolució espacial de 0.25° (PERSIANN) i 0.04° (PERSIANN-CCS). Aquests productes estimen la pluja utilitzant informació de múltiples satèl·lits geosincrònics (GOES, GMS, MeteoSat) que s'actualitzen amb informació de satèl·lits amb sensors de microones passius (TRMM, NOAA, DMSP). La informació hidrometeorològica amb base en terra (pluja, cabal, temperatura i informació d'embassaments) ha sigut proporcionada per l'Agència Espanyola de Meteorologia (AEMET) i el Sistema Automatitzat d'Informació Hidrològica de la Confederació Hidrogràfica del riu Xúquer (SAIH-CHJ) per a un període de temps del 01 de Gener del 2003 i el 31 d'Octubre del 2009.

Per a caracteritzar l'error de la pluja estimada de satèl·lit, es va comparar amb la pluja de referència amb base en terra, a través de ferramentes estadístiques que permeten sintetitzar l'anàlisi i tindre una visió més detallada de l'error. Per a quantificar el grau de dependència es va usar l'anàlisi de correlació amb el test estadístic de Pearson i Kendall. A més, es van obtindre: l'índex d'eficiència de Nash-Sutcliffe (E), el ràtio de l'arrel de l'error quadràtic mig i la desviació estàndard de les observacions (RSR), l'error en volum (Ev), els estadístics de detecció, la corba de doble massa i tècniques gràfiques. Respecte a l'exercici del model hidrològic, es va avaluar per mitjà d'índexs d'eficiència i tècniques gràfiques, en calibratge, validació i propagació de l'error.

Els resultats específics de la zona d'estudi, indiquen que les correlacions espacials entre la pluja estimada a partir de satèl·lit i la pluja de referència, és acceptable a escala anual, menys acceptable a escala mensual, però pobre a escala diària. A l'hivern la correlació diària és més dèbil, pel fet que

les pluges es concentren més en les zones muntanyoses i tal vegada, aquest efecte orogràfic no està ben detectat pels satèl·lits. Al contrari, a l'estiu s'observa el patró oposat, amb correlació positiva significativa, possiblement per la major presència de dies sense pluja (valor zero). Açò es veu reflectit amb valors més alts en el coeficient de Pearson a l'estiu, ja que la presència de zeros afavorix una major correlació; en canvi el coeficient de Kendall representa millor estos casos, ja que resisteix l'efecte de valors extrems (valors mínims en aquest cas). També s'obtenen errors alts amb pluges màximes i ben sovint sobreestimació de pluges lleugeres.

En general, la pluja PERSIANN-CCS sobrevalora, mentres que PERSIANN subestima a diferents escales d'agregació de conca. A més, PERSIANN té major probabilitat de detecció de pluja, però també de falses alarmes. La detecció de pluja és menor en la subconca del riu Albaida (zona costanera amb pluges torrencials i probable SCM a la tardor) que en la subconca de Pajaroncillo (zona muntanyosa amb pluges orogràfiques). És a dir, estes diferències en la detecció pels dos productes de satèl·lit, estan sent influenciades per les característiques climàtiques i fisiogràfiques de la zona, que coincidix amb l'aportació de Hossain i Huffman (2008).

L'error en volum (Ev) de la pluja, per a totes les escales d'agregació de conca, subestima en PERSIANN i sobreestima en PERSIANN-CCS. Aquest error tindrà conseqüències en la modelació hidrològica; no obstant això, des del punt de vista de la modelació, l'error es corregeix millor en la sobreestimació que en la subestimació de la pluja. La conca Albaida (1301 km²) presenta millor rendiment en termes de l'índex d'eficiència de Nash-Sutcliffe (E) en l'estimació de la pluja amb els dos productes de satèl·lit possiblement per la major presència de pluges convectives que el satèl·lit identifica millor, i que coincidix amb allò que s'ha reportat per Ebert *et al.* (2007). En canvi la conca més xicoteta Pajaroncillo (861 km²) presenta millor rendiment en Ev però només amb el producte PERSIANN-CCS. Respecte d'això, la pluja orogràfica en Pajaroncillo (altitud de 1009 a 1726 msnm) no està sent ben detectada pel satèl·lit pel fet que les muntanyes emeten una radiació molt variable que dificulten la detecció dels satèl·lits amb sensors de microones passius, reportat per Levizzani (2008); no obstant això este efecte pareguera que disminuïx amb una millor resolució de satèl·lit.

El calibratge dels paràmetres del model hidrològic TETIS ha permés elevar el rendiment de la modelació. També, diversos autors van realitzar un calibratge del seu model hidrològic per tal de millorar el rendiment amb productes de pluja estimada de satèl·lit (Stisen y Sandholt, 2010; Bitew y Gebremichael, 2011b; Bitew *et al.*, 2011; Jiang *et al.*, 2012; Moreno *et al.*, 2012). És així que, en la modelació hidrològica, s'obtenen rendiments 'insatisfactoris' amb PERSIANN, mentres que amb PERSIANN-CCS els rendiments passen a ser 'satisfactoris'. Els resultats són encoratjadors amb la pluja PERSIANN-CCS i tal pareix que l'error de la sobreestimació en volum de la pluja s'adapta millor en la modelació hidrològica, demostrant finalment que el producte de satèl·lit amb major resolució espacial té millor rendiment. Semblants resultats obtenen Nikolopoulos *et al.* (2010) amb el producte de millor resolució espacial KIDD (4 km) respecte dels productes TRMM-3B42 (0.25°) i KIDD (25 km). En canvi, en la modelació amb pluja PERSIANN, una resolució espacial grossera

de les dades raster de la pluja i de l'error de la subestimació en el volum de la pluja, estan afectant negativament la modelació, ja que hi ha insuficient pluja que alimente el cicle hidrològic. Però, açò, possiblement s'estiga amortint amb la major probabilitat de detecció de la pluja PERSIANN.

Com el model hidrològic tracta de mantindre un comportament semblant al cabal observat (ja que l'estratègia de calibratge és una funció d'este cabal i no de cap altre component del balanç hídric), s'obté que el factor corrector d'evapotranspiració es reduïx un 71% amb PERSIANN i s'incrementa un 32% amb PERSIANN-CCS, per a finalment obtindre una evapotranspiració que es reduïx amb PERSIANN i s'incrementa amb PERSIANN- CCS. Un comportament semblant és reportat en el component d'evapotranspiració amb subestimació de pluja PERSIANN, per Bitew i Gebremichael (2011b) i Moreno *et al.* (2012).

Pel que fa a la propagació de l'error de l'estimació de la pluja a la simulació hidrològica, l'error en volum de la pluja s'amortix a través del procés de transformació pluja-escolament. Al contrari de l'error de la pluja en termes de E i RSR, que empitjoren amb la modelació hidrològica, excepte en les conques més xicotetes com Pajaroncillo (861 km²) i Albaida (1,301 km²).

Pensant en millorar les possibilitats d'ús pràctic de la pluja de satèl·lit, es va implementar un model Bayesiano per a combinar informació de pluviòmetres amb pluja PERSIANN-CCS amb diferents densitats de pluviòmetres en la subconca muntanyosa de Pajaroncillo. Els resultats específics per a la zona d'estudi, indiquen que el valor mitjà de la pluja estimada amb PERSIANN-CCS millora a partir de densitats menors a 100 km²/pluviómetro. Al contrari, per a densitats majors de 100 km²/pluviómetro, el valor mitjà empitjora en un interval del 20 al 200%, a mesura que la densitat de pluviòmetres augmente. Es va trobar un comportament semblant amb la resta d'estadístics. Així, és clara una millora significativa en els estadístics per a una densitat menor a 100 km²/pluviómetro, amb increment de POD, CSI, PC i HSS, i reducció de FAR. A més, s'observa una millora notable del FBIAS en totes les densitats de pluviòmetres, amb l'excepció de la densitat de 45 km²/pluviómetro. Els índexs d'eficiència de pluja E, RSR i Ev, s'estabilitzen amb una densitat menor a 100 km²/pluviómetro.

Pel que fa a la modelació hidrològica utilitzant el model Bayesiano de combinació de pluja, s'obtenen rendiments 'bons' a 'molt bons' amb densitats menors a 100 km²/pluviómetro, obtenint el millor rendiment per a una densitat de 72 km²/pluviómetro en el que el seu hidrograma reproduïx adequadament el cabal base i la forma de la corba de recessió detecta la majoria de cabals màxims i dies en què ocorren, però subestima el seu valor màxim en un 37%. No s'ha de descartar que esta subestimació podria ser perquè en regions muntanyoses, com Pajaroncillo, les estacions pluviomètriques tendeixen a estar en les valls i per això subestimar la pluja orogràfica (Ebert *et al.*, 2007; Álvarez, 2011). Respecte a la propagació de l'error de la pluja, resulta que l'error en volum de la pluja s'esmorteeix en totes les densitats de pluviómetro (amb l'excepció de la densitat de 431 km²/pluviómetro), però empitjora en termes de E i RSR, excepte per a densitats menors a 172 km²/pluviómetro.

Com a conclusió final es pot dir que el nou producte d'estimació de pluja PERSIANN-CCS, a més d'incrementar la seua resolució espacial, també millora quant a la seua fiabilitat d'ús en la modelació hidrològica, especialment si es combina amb dades de pluviòmetre, convertint-se en el punt de partida de futures investigacions.