

# Modelización de humedales, áreas protegidas y servicios ecosistémicos

Javier Martínez-López

Basque Centre for Climate Change (BC3), 48008, Bilbao, España.

javier.martinez@bc3research.org

## LOS INICIOS EN LA CARRERA INVESTIGADORA

Mi experiencia educativa en el extranjero comenzó en la enseñanza secundaria ya que estudié en un instituto austríaco durante el curso 1996/97 gracias a una beca de intercambio que recibí de una asociación internacional llamada AFS-Intercultura. Recuerdo que muchos de mis compañeros no entendían entonces por qué cursaba un año extra de instituto allí en lugar de comenzar a estudiar en la universidad. Según ellos era una pérdida de tiempo, lo cual me chocaba bastante ya que para mí era más bien una experiencia personal y extra-académica. Lo cierto es que fue una experiencia que me hizo madurar mucho tanto en lo personal como en lo académico. Entre otras cosas, conocer un sistema educativo diferente, una cultura distinta, así como un nuevo idioma, fueron para mí experiencias que siempre llevo conmigo desde esa aventura, y que posteriormente me han abierto muchas puertas.

Creo que en la carrera investigadora la faceta personal e intercultural juegan un papel muy importante, sobre todo cuando hay que trabajar en equipos interdisciplinarios. Todo lo que aprendí para entender e integrarme en otra cultura me ha servido después para colaborar mejor con otros científicos de otras disciplinas, tanto dentro como fuera de España. Ni que decir tiene la importancia de la colaboración internacional entre científicos en esta época en la que la mayoría de fondos de investigación son europeos y se consiguen uniendo fuerzas entre centros de investigación de distintos países.

No puedo estar más de acuerdo con una profesora de Educación Ambiental de la Universidad de Murcia que argumentaba que los valores de respeto al medio ambiente son una parte más de los valores personales y sociales de cada uno, y que precisamente por eso no se puede pretender inculcar valores ambientales a nadie sin trabajar a la par el resto de aspectos éticos y morales.

Años después, justo antes de terminar la carrera de Biología en Murcia, pasé un año de ERASMUS en la Universidad de Göttingen (Alemania), donde de nuevo me encontré de lleno con una experiencia educativa muy distinta y enriquecedora, que me empujó a dedicarme a la carrera investigadora.

Al volver de allí empecé a trabajar en proyectos de investigación mediante diversas becas en el Departamento de Ecología e Hidrología de la Universidad de Murcia, donde ya había sido alumno interno durante dos años casi al inicio de mis estudios de Biología. Durante ese período trabajé en proyectos a escala regional en la Cuenca del Segura y en Andalucía en relación a ríos, embalses, hábitats de interés comunitario, y la Directiva Europea Marco del Agua.

Una vez que decides qué materia te gusta más de la Biología, lo cual fue difícil en mi caso, es muy de agradecer que haya profesores en tu facultad que te apoyen para que des tus primeros pasos, como fueron Chary y María Luisa, así como unos compañeros excelentes con los que compartirlo. Siempre recuerdo esa época con mucho cariño aunque no exenta de quebraderos de cabeza.

Tras poco más de un año allí y sin haber conseguido financiación para empezar una tesis doctoral, a pesar de haber cursado ya estudios de máster, conseguí una beca Leonardo Da Vinci (ARGO) de prácticas de seis meses en la universidad alemana de Bremerhaven (Bremen), donde tras pocos meses me contrataron. ¡Qué fácil parecía todo allí laboralmente hablando en comparación con Murcia! De la noche a la mañana era gestor y coordinador de proyectos internacionales relacionados con el medio ambiente, lo cual si bien me daba aún más quebraderos de cabeza, también me enseñó mucho sobre cómo iniciar y llevar mis propios proyectos adelante en todos los aspectos: desde la búsqueda de socios y financiación, pasando por su desarrollo hasta la finalización de los mismos.

## LA ETAPA DOCTORAL

Con esa experiencia en el bolsillo, después de casi dos años decidí volver a la Universidad de Murcia, donde por fin conseguí una beca predoctoral FPI del Ministerio. Mis razones para volver fueron principalmente dos: quería especializarme en ecología haciendo la tesis doctoral, y por supuesto, echaba de menos a mis familiares y amigos, que en su mayoría seguían en Murcia. Nunca me he arrepentido de esa decisión pese a haber vuelto a ser un estudiante renunciando a una mayor estabilidad y mejores condiciones laborales en Alemania.

Creo que algo que define a todos los científicos que se precien es que lo que les mueve sobre todo es aprender, sin importar tanto las condiciones económicas o incluso a veces tener que realizar algunos sacrificios personales. Lo cierto es que no veo mayor lujo que el que te paguen por aprender y por discutir, por enseñar, y por ser siempre un estudiante al fin y al cabo.

Durante esos cuatro años de beca-contrato FPI doctoral me dediqué a estudiar la ecología de humedales semiáridos en relación a su vegetación y a las presiones agrícolas a las que están sometidos en la Región de Murcia. Para ello cursé un segundo máster e hice estudios intensivos de campo, aprendí a usar sistemas de información geográfica, herramientas de modelización, hidrología, teledetección, etc.

Los humedales semiáridos salinos mediterráneos son ecosistemas semiterrestres sometidos anualmente a períodos prolongados de sequía, y que albergan una biota rica, endémica y vulnerable. En las últimas décadas, la expansión de las zonas agrícolas de regadío en las cuencas mediterráneas semiáridas ha provocado alteraciones en los regímenes de agua y nutrientes en dichos humedales, causando la degradación de estos ecosistemas. Para avanzar en el uso sostenible y conservación de los humedales se necesitan herramientas fiables y sencillas de aplicar que permitan evaluar el estado de la cuenca, así como la manera en que este estado afecta a la evolución de los humedales. En este sentido, la finalidad de mi tesis doctoral fue la de desarrollar, aplicar y validar un enfoque metodológico integrado, basado en entornos libres y abiertos, específicamente adaptado para evaluar el estado ecológico de los humedales de ambientes mediterráneos semiáridos, relacionar dicho estado con las alteraciones hidrológicas de la cuenca utilizando técnicas de teledetección y finalmente elaborar un modelo dinámico espacial de los humedales que pueda ser utilizado en análisis prospectivos.



**Figura 1.** Comunidades vegetales más características de los humedales semiáridos salinos mediterráneos. De izquierda a derecha: carrizal, saladar y estepa salina (Foto: Javier Martínez-López, 2009).

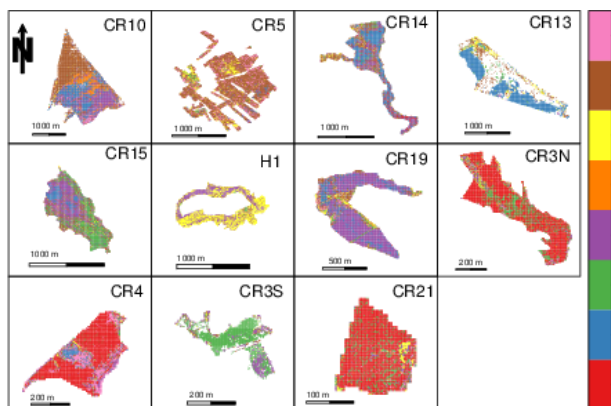
En el primer capítulo de la tesis trabajé en desarrollar nuevos métodos de código abierto para el modelado de cuencas hidrológicas de humedales, así como para la detección de las coberturas del suelo en las mismas por medio de teledetección. Estas herramientas son esenciales para el monitoreo y manejo de humedales. Así, las cuencas drenantes a once humedales semiáridos salinos mediterráneos en la Región de Murcia se delimitaron y se obtuvieron mapas de cobertura de usos del suelo correspondientes a las cuencas de los humedales en los años 1987 y 2008 por medio de la clasificación supervisada de imágenes provenientes del satélite Landsat. Las cuencas hidrológicas obtenidas oscilaron entre 70 y 17.000 hectáreas y el método desarrollado mejoró notablemente su delimitación en la llanura costera del Campo de Cartagena. La metodología de clasificación de imágenes propuesta mostró a su vez una alta precisión, mejorando así las técnicas de clasificación estándar.

La evaluación de la composición de la vegetación se considera una herramienta importante para la evaluación del estado ecológico de humedales, por lo que el segundo capítulo de la tesis se centró en buscar indicadores vegetales de la condición hidrológica de dichos humedales. Para ello se muestrearon algunos taxones vegetales perennes característicos de dichos ecosistemas en los años 1989 y 2008 y se determinaron los cambios significativos en su frecuencia en cada humedal. También se llevó a cabo un análisis de regresión lineal para relacionar la frecuencia de dichos taxones vegetales en los humedales con la condición hidrológica de sus cuencas de drenaje durante el período de estudio y se comprobó que la frecuencia de algunos taxones mostraba relaciones significativas con la condición hidrológica de la cuenca de los humedales. Así, dichos taxones fueron seleccionados como indicadores y se propuso un índice integrado del estado ecológico de los humedales en relación con la condición hidrológica de sus cuencas combinando sus frecuencias.



**Figura 2.** Nido de patos sobre el *Halimione portulacoides* en el humedal de la Marina del Carmolí (Foto: Javier Martínez-López, 2009).

El tercer capítulo tuvo como objetivo desarrollar un índice de estado ecológico de humedales semiáridos salinos mediterráneos basado en la composición de sus comunidades vegetales, así como probar la aplicabilidad de sensores remotos multiespectrales para cartografiar dichas comunidades. Primero, las comunidades vegetales características de 12 humedales fueron identificadas por medio de trabajo de campo y análisis multivariante en base a los porcentajes de cobertura de los taxones más característicos. Después de desarrolló un índice para evaluar el estado ecológico de los humedales en base de la relación entre la composición de la comunidades vegetales de los humedales y la condición hidrológica de sus cuencas de drenaje. Finalmente las comunidades vegetales de los humedales seleccionados fueron cartografiadas por medio de técnicas de teledetección. Siguiendo esta metodología, se demostró que la teledetección sirve como una herramienta para la evaluación automática del estado ecológico de estos humedales a escala regional.



**Figura 3.** Mapas de las comunidades vegetales de los humedales cartografiados mediante teledetección en el año 2008. Leyenda: CR10,

Marina del Carmolí; CR5, Alcanara; CR14, Ajaque; CR13, Lo Poyo; CR15, Derramadores; H1, Rasall; CR19, Boquera de Tabala; CR3N, Cañada Brusca Norte; CR4, Matalentisco; CR3S, Cañada Brusca Sur; CR21, Sombreroico (Fuente: Martínez-López et al., 2014b).

Por último, y con el fin de estudiar en mayor detalle cómo las alteraciones hidrológicas han afectado a la abundancia y distribución espacial de las comunidades vegetales de los humedales, en el cuarto capítulo de la tesis se desarrolló una librería de modelización dinámico-espacial utilizando el lenguaje de programación R. El fin era explicar la distribución espacial de las tres comunidades vegetales más representativas en el humedal de la Marina del Carmolí en respuesta a las presiones hídricas de su cuenca de drenaje. El modelo desarrollado tiene en cuenta la dimensión espacial incluyendo algoritmos de vecindad y flujos espaciales que representan la dispersión de las comunidades vegetales dentro del humedal. La conversión entre las comunidades vegetales es inducida por el aumento del regadío en la cuenca de drenaje, y mediada por parámetros espaciales como la distancia a las ramblas que cruzan el humedal y los valores de acumulación de flujo potenciales dentro del humedal. Los resultados del modelo dinámico-espacial se asemejan a los datos obtenidos mediante teledetección durante el período 1984 - 2008, reflejando como en 2008 la comunidad vegetal compuesta por estepa salina había perdido la mitad de su superficie original, mientras que las comunidades de saladar y carrizal experimentaron un proceso de expansión importante durante el período de estudio. El modelo desarrollado en este estudio, llamado "spdynmod", se encuentra disponible como una librería de R e incluye todos los datos necesarios para ejecutarlo, así como documentación asociada y una interfaz gráfica aún en desarrollo (Figura 4). La librería del modelo desarrollada en este estudio es una herramienta flexible de investigación y gestión que se adapta tanto a las necesidades de modelizadores avanzados, como a las de los usuarios menos experimentados.



**Figura 4.** Interfaz gráfica del modelo espacio-dinámico del humedal de la Marina del Carmolí (Murcia, SE España). Online en: <http://95.85.28.225/ocpu/library/spdynmodocpu/www>.

Durante el período de mi tesis también tuve la suerte de colaborar en un proyecto de investigación en la Patagonia Chilena, donde estuve ayudando en los trabajos de campo, así como también pude realizar dos estancias de varios meses cada una en centros de investigación en Estados Unidos y en Francia. ¿¡Qué más puede pedir un aprendiz de científico!?

### EXPERIENCIA POSDOCTORAL

Cuando acabé mi beca-contrato predoctoral estuve un tiempo cobrando el paro mientras terminaba la tesis, pero pronto tuve la suerte de trabajar en un proyecto de dos años sobre modelización integrada de la laguna del Mar Menor financiando por el Ministerio. De esa manera fui acabando la tesis doctoral a la par, si bien a mitad del proyecto y debido a un cambio de gobierno del país el Ministerio dejó de financiar el proyecto, con lo que no pudimos llevar a buen fin todo el trabajo que habíamos realizado durante un año. En ese momento, y pese a estar viviendo felizmente con mi novia (también investigadora) en Murcia, decidí solicitar varios puestos de investigación en el extranjero. De nuevo no fue difícil encontrar respuestas positivas fuera de España. Lo difícil fue decirle a mi familia, compañeros y amigos que me iba de nuevo, y esta vez indefinidamente, vistos los recortes en ciencia que sufría España. Siempre he pensado que es curioso que el gobierno se gaste tanto dinero en formarte como doctor cuando luego no hay casi presupuesto para proyectos ni para personal investigador en la etapa postdoctoral. Desde luego que no suena a una estrategia lógica...

Empecé así a trabajar para el centro de investigaciones científicas de la Comisión Europea (Joint Research Centre) en Ispra, Italia, donde me ofrecieron un contrato de tres años con opciones de renovación, como ya me había sucedido años atrás en Alemania. Allí trabajé en el Observatorio Digital de Áreas Protegidas (DOPA; [http://ehabitat-wps.jrc.ec.europa.eu/dopa\\_explorer](http://ehabitat-wps.jrc.ec.europa.eu/dopa_explorer)), que es una herramienta online que permite a los usuarios evaluar alrededor de 16.000 áreas protegidas a escala mundial en base a sus especies, hábitats y presiones antropogénicas. Se incluyen áreas protegidas tanto terrestres como marinas, y se propone un conjunto de indicadores que ayudan a los usuarios a identificar aquellas con los ecosistemas y las especies más singulares, así como a evaluar las presiones a las que están expuestas debido a las actividades humanas (Figura 5).



Figura 5. Portada del manual de usuario del Observatorio Digital de Áreas Protegidas (v. 1.0).

Dicha experiencia fue desde luego muy enriquecedora, sobre todo teniendo en cuenta el reto de trabajar en diversos proyectos a escala global y muchas veces mano a mano con organismos internacionales como el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) o el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) en un centro que acoge aproximadamente a 3.000 investigadores de todas las nacionalidades. Sin embargo, también supuso un sacrificio grande a nivel personal tanto para mí como para mi pareja, ya que vivimos separados bastante tiempo sin perspectivas de poder conciliar la vida personal y laboral.

Tras poco más de dos años, y con vistas a volver a España para estar más cerca de mi familia, mi pareja y mis amigos, me surgió la oportunidad de trabajar en el Centro Vasco de Cambio Climático (BC3) en dos proyectos relacionados con la modelización integrada de servicios ecosistémicos: ARIES ([aries.integratedmodelling.org](http://aries.integratedmodelling.org)) y AQUACROSS ([aquacross.eu](http://aquacross.eu)), que es donde sigo trabajando actualmente.

Si bien no tenemos ni mi pareja ni yo opciones claras de estabilizarnos a largo plazo en España como científicos por el momento, llevamos una mochila de experiencias y esfuerzos dentro y fuera de España que poco a poco parece que nos va ayudando a encontrar un camino común en la ciencia y en la vida personal. Nos gusta pensar que esta vez hemos regresado definitivamente a España... ¡aunque eso está por ver!

## REFERENCIAS

Dubois, G., Bastin, L., Martínez-López, J., Cottam, A., Temperley, W., Bertzky, B. y Graziano, M. (2015). The Digital Observatory for Protected Areas (DOPA) Explorer 1.0.

Juffe-Bignoli, D., Burgess, N.D., Bingham, H., Belle, E.M.S., de Lima, M.G., Deguignet, M., Bertzky, B., Milam, A.N., Martinez-Lopez, J. *et al.* (2014). Protected Planet Report 2014. United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC), Cambridge, UK.

Martínez-López, J. (2014). Establecimiento y modelización de indicadores vegetales del estado ecológico de humedales mediterráneos semiáridos salinos= Modelling and establishment of plant indicators of ecological status for semiarid mediterranean saline wetlands. PhD Thesis. Universidad de Murcia.

Martínez-López, J., Carreño, M.F., Palazón-Ferrando, J.A., Martínez-Fernández, J. y Esteve, M.A. (2013). Free advanced modeling and remote-sensing techniques for wetland watershed delineation and monitoring. *International Journal of Geographical Information Science*, 28, 1610-1625.

Martínez-López, J., Carreño, M., Martínez-Fernández, J. y Esteve, M.A. (2014a). Wetland and landscape indices for assessing the condition of semiarid Mediterranean saline wetlands under agricultural hydrological pressures. *Ecological Indicators* 36, 400–408.

Martínez-López, J., Carreño, M., Palazón-Ferrando, J., Martínez-Fernández, J., y Esteve, M.A. (2014b). Remote sensing of plant communities as a tool for assessing the condition of semiarid Mediterranean saline wetlands in agricultural catchments. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 26, 193–204.

Martínez-López, J., Martínez-Fernández, J., Naimi, B., Carreño y M.F., Esteve, M.A. (2015). An open-source spatio-dynamic wetland model of plant community responses to hydrological pressures. *Ecological Modelling* 306, 326–333.