

RESUMEN DE TESIS DOCTORAL

nal de un humedal costero mediterráneo frente a factores naturales y presiones antropogénicas: el caso de la Marisma Rocuant-Andalién.

grado de
en Sistemas Acuáticos Continentales

aga
o Rojas V.
ato-Espino



Respuesta Hidrológica y Vegetacional de un humedal costero mediterráneo frente a factores naturales y presiones antropogénicas: el caso de la Marisma Rocuant-Andalién.

JUAN MANUEL MUNIZAGA MUNIZAGA

PROFESOR GUÍA:

DR. OCTAVIO ROJAS VILCHES

PROFESOR CO-GUÍA:

DR. DANIEL JATO-ESPINO



Resumen de Difusión

Las marismas son humedales costeros ubicados entre ambientes marinos y continentales en donde convergen diversos flujos hidrológicos. Esta movilización natural de flujos se expresa en su conectividad hidrológica, el cual regula la transferencia de energía, materia y organismos. La conectividad hidrológica se encuentra estrechamente relacionada con la vegetación de los humedales, ya que influye en los procesos de dispersión, colonización y crecimiento. Sin embargo, el Cambio Global, ha incrementado las presiones vinculadas a las forzantes climáticas y presiones antropogénicas, siendo estas últimas más intensas en países en vías de desarrollo. Los estudios para conocer la conectividad hidrológica y la dinámica espaciotemporal de la vegetación son limitados y, en su mayoría, se han desarrollado en el hemisferio norte, a pesar de su relevancia en los procesos de restauración ecológica. El objetivo de esta investigación es evaluar las transformaciones de la conectividad hidrológica y la respuesta espaciotemporal de la vegetación ante factores naturales y presiones antropogénicas en la marisma Rocuant-Andalién (Chile), un sistema inserto en una matriz urbana y sometido a múltiples presiones.

La investigación se desarrolló en tres etapas. En primer lugar, se delimitó la superficie del humedal mediante sensoramiento remoto, utilizando imágenes satelitales RapidEye y Sentinel 2 MSI, aplicando modelos de clasificación supervisada. En la segunda etapa, se evaluó la conectividad hidrológica a través de una cartografía evolutiva construida a partir de fuentes históricas e imágenes satelitales en el periodo de 1790–2023. Adicionalmente, se efectuó un análisis detallado de la conectividad hidrológica enfocado en los últimos 23 años utilizando métricas de paisaje y análisis de áreas inundadas. En la tercera etapa, se estudió la dinámica espaciotemporal de la vegetación durante los últimos 23 años con imágenes satelitales, aplicando indicadores de vegetación como el índice de vegetación normalizado. Se aplicó un análisis de tendencia, regresiones multivariadas y geográficamente ponderadas para explorar el comportamiento de la vegetación con factores naturales y presiones antropogénicas. Los análisis fueron complementados con datos de campo, la identificación de especies vegetales y el cálculo de fenología en 4 dominios vegetacionales diferentes denominados: costero, intermareal, dulceacuícola y urbano, dominios asociados a la identificación de la primera etapa.



La delimitación del humedal alcanzó una precisión del 88%, se destacó el rol de los indicadores espectrales y topográficos en mejorar el desempeño del clasificador para discriminar distintas coberturas naturales y artificiales. La superficie determinada alcanzó un total de 1978 hectáreas, entre las que se encuentra la plataforma de marisma, estuarios, canales de marea, humedal palustre, dunas y áreas de humedal contiguas a la urbanización.

El análisis de la conectividad hidrológica evidenció profundas transformaciones que se pueden agrupar en tres grandes etapas: 1790–1955, 1955–1998 y 1998–2023. La primera etapa estuvo dominada por procesos agrícolas y se consolidó hacia 1955 con la instalación de canalizaciones y confinamiento de la superficie del humedal, donde se evidenció la pérdida del 67% de los cuerpos de agua y una reducción del 71% de la superficie de la marisma. La segunda etapa, estuvo dominada por procesos urbanos, marcada por el comienzo de un proceso de expansión habitacional que incluyó nuevos caminos y rellenos. En la tercera etapa, la urbanización se consolidó a través de la construcción de carreteras, el incremento de los rellenos y la instalación de viviendas, incluyendo también la instalación de obras hidráulicas sobre el estuario. Un análisis más detallado de esta etapa evidenció una disminución significativa de los espejos de agua y la vegetación, acompañado de procesos de fragmentación y pérdida de contigüidad entre fragmentos del humedal. Adicionalmente, se encontró que la superficie de inundación disminuyó en un 14.3% en extensión y 0.3 m en profundidad como consecuencia de las intervenciones antropogénicas.

El análisis de la vegetación en los cuatro dominios vegetacionales, mostró que el dominio intermareal presentó la mayor cantidad de especies nativas (71%), mientras que los dominios con mayor presencia de vegetación introducida fueron el urbano y el dulceacuícola, los cuales también presentaron mayores niveles de intervención, evidenciados en la construcción de edificaciones, infraestructura de transporte, canalizaciones y la agricultura. Las series temporales de indicadores de vegetación permitieron comprobar el reemplazo sostenido de la vegetación, interpretadas como una reducción de las condiciones de humedad y un incremento de la productividad primaria. Las observaciones de vegetación indicaron que tardó entre 1 y 2 años en recuperarse de los disturbios naturales como inundaciones y tsunamis, siendo el dominio intermareal el más rápido en recuperarse.



Las correlaciones entre factores naturales y el NDVI mostraron que el dominio costero presentó una vegetación altamente sensible a variables como la precipitación, temperatura y evapotranspiración, mientras que el dominio intermareal respondió a la variable de evapotranspiración, lo que modifica la productividad primaria. La relación espacial entre la vegetación y las presiones antropogénicas indicaron que la distancia a las carreteras fue la presión con mayor ajuste, debido a que modifica las condiciones naturales de inundación y facilita la invasión de especies exóticas.

El estudio concluye que la urbanización es la principal responsable de las transformaciones en la conectividad hidrológica y la dinámica espaciotemporal de la vegetación, especialmente en las últimas dos décadas. Entre las principales consecuencias, se constató la disminución de la conectividad hidrológica, la fragmentación, la pérdida de extensión y profundidad en la inundación, la disminución de los cuerpos de agua y el reemplazo de la vegetación nativa. Por último, las herramientas y resultados de esta investigación pueden ser valiosos recursos para los tomadores de decisiones en la protección, gestión y restauración de los humedales costeros altamente intervenidos.

Resumen gráfico

