

METODOLOGÍA PARA LA CUENTA DE CONDICIÓN URBANA DE MADRID (ESPAÑA)

Ariadna Álvarez Ripado ^{1,2}, Adrián García Bruzón ¹, David Álvarez García ², Patricia Arrogante Funes ¹

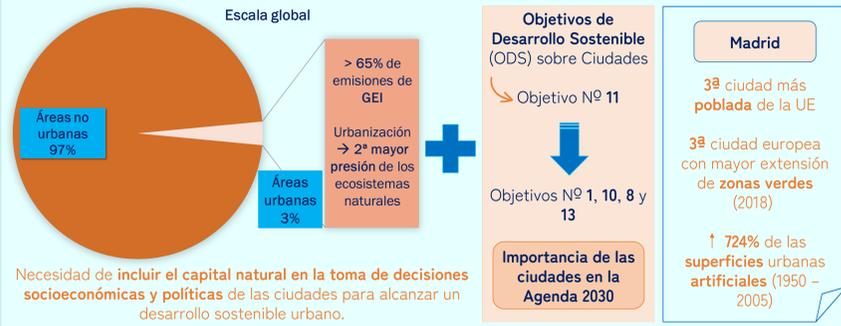


Universidad Rey Juan Carlos

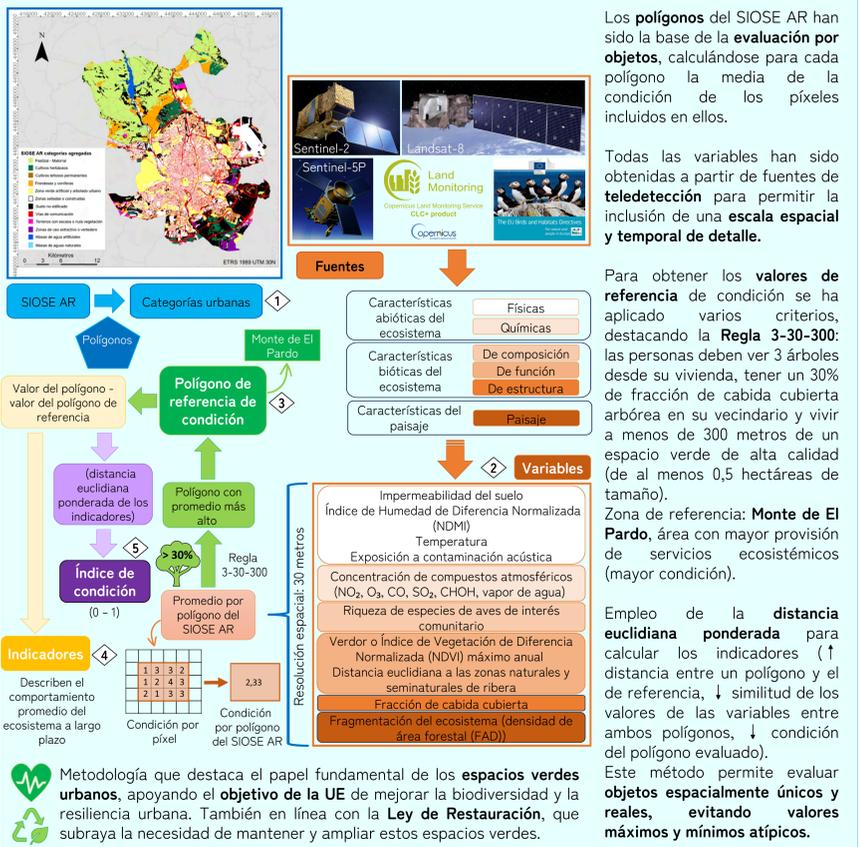


- Departamento de Tecnología Química y Ambiental, Área de Tecnologías del Medio Ambiente, ESCET, Universidad Rey Juan Carlos, C/Tulipán s/n, Móstoles, 28933, Madrid, España
- Ecoacsa Reserva de Biodiversidad S.L, C/ Porto Cristo, 1 Esc. izq. 9º B, Alcorcón, 28924, Madrid, España
Email: ariadna.ripado@urjc.es

INTRODUCCIÓN



MATERIALES Y MÉTODOS



Los polígonos del SIOSE AR han sido la base de la **evaluación por objetos**, calculándose para cada polígono la media de la condición de los píxeles incluidos en ellos.

Todas las variables han sido obtenidas a partir de fuentes de **teledetección** para permitir la inclusión de una **escala espacial y temporal de detalle**.

Para obtener los **valores de referencia** de condición se ha aplicado varios criterios, destacando la **Regla 3-30-300**: las personas deben ver 3 árboles desde su vivienda, tener un 30% de fracción de cabida cubierta arbórea en su vecindario y vivir a menos de 300 metros de un espacio verde de alta calidad (de al menos 0,5 hectáreas de tamaño).

Zona de referencia: **Monte de El Pardo**, área con mayor provisión de servicios ecosistémicos (mayor condición).

Empleo de la **distancia euclidiana ponderada** para calcular los indicadores (↑ distancia entre un polígono y el de referencia, ↓ similitud de los valores de las variables entre ambos polígonos, ↓ condición del polígono evaluado).

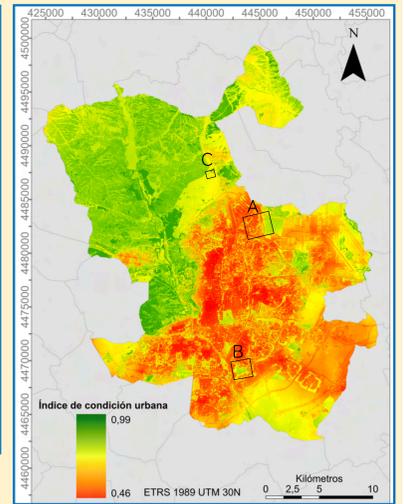
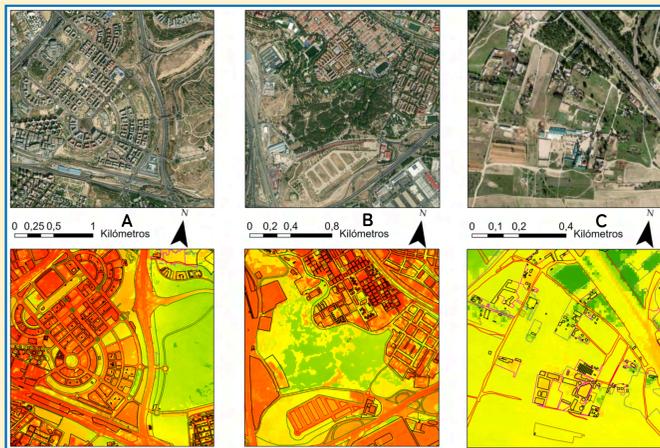
Este método permite evaluar **objetos espacialmente únicos y reales, evitando valores máximos y mínimos atípicos**.

System of Environmental Economic Accounting – Ecosystem Accounting (SEEA-EA) (Naciones Unidas)



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Grupo de variables	Variables	Valor de referencia	Valor de la variable	Indicador	Peso	Indicadores ponderados
Físicas	Impermeabilidad	1,000	0,729	0,073	0,025	0,002
	NDMI	0,717	0,514	0,041	0,100	0,004
	Temperatura	0,567	0,398	0,029	0,050	0,001
Químicas	Contaminación acústica	0,922	0,751	0,029	0,050	0,001
	NO ₂	0,572	0,357	0,046	0,050	0,002
	O ₃	0,807	0,466	0,116	0,050	0,006
	CO	0,327	0,329	0	0,025	0
	SO ₂	0,446	0,498	0,003	0,025	0
	CHOH	0,609	0,535	0,005	0,025	0
De composición	Vapor de agua	0,845	0,748	0,009	0,050	0
	Riqueza de aves de interés comunitario	0,739	0,488	0,063	0,150	0,009
De función	Verdor	0,704	0,596	0,012	0,100	0,001
	Distancia euclidiana a zonas de ribera	0,920	0,665	0,065	0,050	0,003
De estructura	Fracción de cabida cubierta	0,635	0,140	0,246	0,150	0,037
	Paisaje	FAD	0,620	0,101	0,270	0,100
				Distancia euclidiana		0,309
				Índice de condición		0,691



- CONDICIÓN**
- **Noroeste** de Madrid
 - Proximidad espacial y características ecológicas similares al polígono de referencia
 - Lejos de los focos de contaminación
 - Mayor provisión de servicios ecosistémicos
 - **23,66%** de los **barrios** (cond > 0,60)
- CONDICIÓN**
- **Zonas céntricas** de Madrid
 - **Mayor contaminación** atmosférica y acústica
 - Tráfico rodado
 - Árboles dispersos y poco densos
 - Problemas hídricos y térmicos. Sellado/impermeabilización del suelo
 - Menor provisión de servicios ecosistémicos
 - **76,34%** de los **barrios** (cond ≤ 0,60)



La **evaluación de la condición** de un ecosistema debe hacer referencia a la **conservación** de la **integridad** del ecosistema, entendiéndose ésta como la capacidad del ecosistema para mantener su composición, estructura y funcionamiento a largo plazo, permitiendo la **prestación de servicios** y beneficios a la población humana.

Tecnología digital: mejora en la recopilación de datos, seguimiento en tiempo real y gestión colaborativa de los ecosistemas, permitiendo un mejor análisis de su condición.

Redes digitales: conexión de los diferentes actores y optimización de recursos. La fragmentación de estas redes podría obstaculizar la eficiencia de las soluciones sostenibles.

CONCLUSIONES

- Existe una **limitada experiencia** en **contabilidad de ecosistemas urbanos**, siendo las cuentas de condición las que presentan el nivel más bajo de desarrollo, a diferencia de las cuentas de extensión y servicios ecosistémicos. Para 2026 se espera que sea obligatorio para los estados miembros de la UE llevar a cabo la contabilidad de ecosistemas a nivel nacional.
- La metodología propuesta, basada en el **marco del SEEA-EA**, ha resultado útil para **evaluar** la cuenta de **condición urbana** de Madrid **de forma espacialmente explícita**, por lo que, supone un avance en el desarrollo de cuentas de condición.
- La generación de **indicadores a partir de fuentes y técnicas de teledetección** ha permitido **evaluar de manera precisa la condición urbana** al incluir información espacial (microescala) y temporal precisa, **facilitando la replicabilidad de la metodología** en otros ecosistemas urbanos y permitiendo la **inclusión del capital natural** en la planificación y formulación de **políticas**.
- Se ha identificado que la integridad del ecosistema (**FAD**), así como la estructura (**fracción de cabida cubierta**), composición (**riqueza de aves**) y química (**O₃**) del mismo, tienen **mayor influencia en el cambio de condición urbana**, por lo que sería importante centrar en estas variables los esfuerzos para mejorar la condición urbana de Madrid y así asegurar la provisión de servicios ecosistémicos.
- Las **zonas con mayor condición** son las que presentan características ecológicas **similares al polígono de referencia** (El Monte de El Pardo) y están **próximas** a éste. Por el contrario, las **zonas con baja condición** contienen extensas **áreas urbanizadas**, **menor masa arbórea** y se ubican más **cercanas a vías de comunicación** y a los principales **focos de contaminación** urbana. Estas zonas se ubican en el centro de Madrid, **alejadas del polígono de referencia**.
- El **índice de condición** puede emplearse para evaluar la **efectividad de las políticas urbanas** durante un periodo de tiempo. Un aumento en el índice sugeriría el éxito de las políticas aplicadas, mientras que una disminución señalaría la necesidad de reorientar estas políticas y de realizar intervenciones urgentes.
- Las ciudades también pueden emplear esta metodología como **herramienta para analizar la resiliencia de la ciudad al cambio climático, proyectar su tendencia futura, identificar desigualdades en la distribución de los recursos naturales**, realizar un **seguimiento de la provisión de servicios ecosistémicos** y orientar sus **inversiones de infraestructura verde**.
- El **análisis basado en objetos**, la **reducción de costes operativos**, la capacidad de incluir una **visión integrada del ecosistema**, la **sencillez y flexibilidad** metodológica, la **menor dependencia del juicio humano**, la posibilidad de **captar dinámicas urbanas complejas (no lineales)** y la obtención de **resultados fácilmente interpretables** son algunas de las ventajas que presenta esta metodología frente a otras métricas actuales.
- Este índice podría servir como base para el **Plan de Infraestructura Verde y Biodiversidad** o el **Plan Estratégico** de Madrid, pero se requiere investigar en profundidad su alineación y compatibilidad con las metodologías de las normativas vigentes. Además, se sugiere integrar tecnologías digitales innovadoras y redes digitales verdes en las cuentas de los ecosistemas.
- A escala urbana, la **condición ecosistémica** debe ser el **principio** por el que la actual economía centrada en el PIB se transforme en una **economía de gestión y cuidado del planeta**, ya que la salud física y mental humana depende de la salud de la naturaleza.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido cofinanciada por la Agencia Estatal de Investigación en el marco de la Convocatoria 2021 "Proyectos Transición Ecológica y Transición Digital", dentro del proyecto titulado "Optimización mediante inteligencia artificial de la identificación espacial de detalle para el seguimiento de sumideros de carbono LULUCF (OMIDESS)" (Ref.: TED2021-132357A-I00) y por la Comunidad de Madrid en el marco de las ayudas para la finalización de doctorados industriales en 2023 (Ref.: IND2023/AMB-28820).

