

## **Esquema de gestión de arbolado urbano y huella de carbono para un municipio con capacidades de Ciudad Inteligente**

Lugani, Carlos Fabián; Malpeli, Guillermo Lino

Universidad Nacional de Río Negro, Sede Atlántica  
Laboratorio de Informática Aplicada  
[clugani@unrn.edu.ar](mailto:clugani@unrn.edu.ar); [gmalpeli@unrn.edu.ar](mailto:gmalpeli@unrn.edu.ar)

**Resumen.** El trabajo consiste en el diseño de un esquema de información que cuente con varios sistemas que interactúan entre sí, donde el origen de la información es una aplicación móvil colaborativa que utilicen los ciudadanos de un municipio. Este esquema de información se concentra en el desarrollo de capacidades de Ciudad Inteligente y es utilizado para la gestión del arbolado urbano. Los beneficiados o actores esperados son: (1) el medio ambiente de la ciudad y la salud pública, (2) el ejido urbano en donde se determina sus capacidades de arbolado, (3) los ciudadanos que participen e interactúen con el sistema, (4) el municipio que mejora la gestión de espacios verdes y a su vez conoce la base de ejemplares para realizar acciones de cuidado y mantenimiento y (5) las empresas privadas para mejorar sus acciones de responsabilidad social a través de acciones significativas.

Un sistema de relevamiento de árboles en una ciudad recopila información crucial para la planificación del arbolado urbano. Este sistema permite a las autoridades y a todos los residentes tomar decisiones informadas a corto, mediano y largo plazo, abordando aspectos como la gestión y el mantenimiento de los espacios públicos pero también privados. Además, facilita la involucración de la sociedad civil, fomentando la participación ciudadana en la preservación del entorno urbano. El objetivo final es obtener datos cuantitativos que apoyen una gestión eficiente del medio ambiente y así poder mejorar la calidad de vida de las personas que viven en la ciudad asegurando la sostenibilidad y la salud pública.

**Palabras clave:** arbolado urbano, sostenibilidad, ciudades inteligentes, salud pública

## **Urban tree management and carbon footprint scheme for a county with Smart City capabilities**

**Abstract.** The project involves the design of an information system that incorporates several interacting systems. The source of the information is a colla-

borative mobile application used by the citizens of a county. This information system focuses on developing Smart City capabilities and is used for urban tree management. The expected beneficiaries or stakeholders are: (1) the city's environment and public health; (2) the urban area, where its tree capacity is determined; (3) the citizens who participate and interact with the system; (4) the municipality, which improves the management of green spaces and, in turn, understands the tree population to carry out care and maintenance actions; and (5) private companies, which improve their social responsibility actions through meaningful actions.

A tree survey system in a city collects crucial information for urban tree planning. This system enables authorities and all residents to make informed short-, medium-, and long-term decisions, addressing aspects such as the management and maintenance of public and private spaces. Furthermore, it facilitates the involvement of civil society, encouraging citizen participation in the preservation of the urban environment. The ultimate goal is to obtain quantitative data that supports efficient environmental management and thus improve the quality of life of city dwellers while ensuring sustainability and public health.

**Keywords:** urban forest, sustainability, smart cities, public health

## 1 Introducción

La huella de carbono es un indicador que mide el impacto que provocan las actividades del ser humano sobre el cambio climático, este concepto aplicado a una ciudad demuestra el efecto medido en unidades equivalentes de dióxido de carbono (Leanza et al, 2018). Por lo tanto es importante que se determine la huella de carbono de la ciudad y con el relevamiento que permita este trabajo, el impacto que tiene el arbolado en la misma, de forma tal que se obtenga un indicador sobre el cual trabajar en comunidad. Lo anterior se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible definidos por Naciones Unidas (2015) específicamente con el ODS 13, “Acción por el clima”, que tiene como objetivo tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos. En forma posterior se podrá trabajar sobre la planificación, mantenimiento, determinación de espacio utilizado o subutilizado y realizar acciones consecuentes.

Un sistema de relevamiento de árboles en una ciudad recopila información crucial para la planificación del arbolado urbano. Este sistema permite a las autoridades y a todos los residentes tomar decisiones informadas a corto, mediano y largo plazo, abordando aspectos como la gestión y el mantenimiento de los espacios públicos pero también privados. Además, facilita el involucramiento de la sociedad civil, fomentando la participación ciudadana en la preservación del entorno urbano. El objetivo final es obtener datos cuantitativos que apoyen una gestión eficiente del medio ambiente y así poder mejorar la calidad de vida y la salud (Wolf 2020) de las personas que viven en la ciudad asegurando la sostenibilidad (Casas-Toris et al 2020).

Este trabajo consiste en el diseño de un sistema de información que cuente con varios sistemas que interactúan entre sí, donde el origen de la información es una aplicación móvil colaborativa que utilicen los ciudadanos de un municipio y un portal que concentre y brinde información sobre el sistema y acciones que se lleven a cabo. Este esquema de información se concentra en el desarrollo de capacidades de Ciudad Inteligente y es utilizado para la gestión del arbolado urbano recopilando información que sea útil para la planificación del mismo. Este sistema permite a las autoridades y a todos los residentes tomar decisiones informadas a corto, mediano y largo plazo, abordando aspectos como la gestión y el mantenimiento de los espacios públicos pero también privados. En el sistema se prevé la georreferenciación e identificación de cada ejemplar en una primera etapa, para posteriormente catalogar y planificar acciones necesarias para cada unidad y para el conjunto de especies y universo relevado. Asimismo se gestionarán acciones como: denuncias de diversos tipos (ramas o ejemplar con peligro para la vida para las personas), urgencias, interferencias con servicios públicos, relevamientos de áreas sin utilizar y propuestas de forestación.

## 2 Análisis de trabajos relacionados

Se ha realizado un análisis de literatura relacionada y de aplicaciones utilizadas actualmente y se menciona algunas tenidas en cuenta como referencia para este trabajo de acuerdo a aspectos que serán tenidos en cuenta para el desarrollo del presente:

- Casas-Torres et al 2020, menciona la importancia del arbolado urbano y su gestión eficiente como parte de las estrategias de sostenibilidad ambiental y mejora de la calidad de vida en las ciudades, especialmente utilizando sistemas de información geográfica (SIG) para el monitoreo y gestión de espacios verdes.
- Sistemas de visualización de espacios verdes como los del condado de Los Angeles (Los Angeles County Tree Canopy Advanced Viewer) o “i-Tree” del Servicio Forestal de los Estados Unidos (USDA Forest Service) que además tiene una visión de monitoreo ambiental, TreeMap (Barcelona); implementan tecnologías colaborativas para relevar, monitorear y planificar la arboleda urbana con participación ciudadana en ciudades o municipios. Naciones Unidas también ha definido una guía técnica para gestión de datos espaciales en ciudades (UN-Habitat 2021).
- Las ciudades inteligentes integran tecnologías que permiten el desarrollo de plataformas urbanas sostenibles (Caragliu et al. 2011) utilizando aplicaciones móviles colaborativas para fortalecer la participación ciudadana y la gestión ambiental.
- Se encuentran referencias a la relación entre el arbolado urbano y la huella de carbono, generando indicadores ambientales aplicables a políticas públicas en Leanza et al. (2018), indicando que en el presente trabajo se planifica integrar la toma de decisiones ambientales utilizando datos abiertos y participación de todos los actores del municipio. También existen indicadores estandarizados para gestión de áreas verdes (Caragliu et al. 2011).

- Objetivos de Desarrollo Sostenible definidos por Naciones Unidas específicamente con el ODS 13, “Acción por el clima”
- Se observa que existe documentación técnica para la definición de bases de datos espaciales especialmente indicadores en las normas ISO 37120:2018 (2018) para servicios de ciudades y calidad de vida.

### 3 Principios del esquema de informatización

El diseño del esquema de informatización propuesto gestionará información utilizando los siguientes aceleradores de sostenibilidad:

- Colaboración ciudadana: como principal fuente de información se tiene en cuenta la participación de los habitantes del municipio para que ingresen la información del arbolado y espacios verdes tanto público como privado mediante una aplicación móvil con capacidad de georreferenciación, lo cual se espera que cumpla con la premisa de la concientización y compromiso ambiental.
- Interoperabilidad y acceso a la información: los distintos sistemas que conforman la arquitectura de los sistemas móviles y portales compartirán información utilizando estándares abiertos y protocolos comunes. Al gestionar datos abiertos, los diferentes actores (municipio, ciudadanos, investigadores, empresas) podrán consultar, analizar y aportar información valiosa. Asimismo los procesos del municipio se verán afectados ya que se ven involucrados servicios como: mantenimiento, iluminación, cableado aéreo, distribución de servicios, recolección de basura y desechos verdes, poda, reforestación, etc.
- Sostenibilidad: la información recolectada permitirá evaluar la evolución del arbolado en el tiempo, facilitando decisiones estratégicas de planificación y mantenimiento.

Si bien el principal objetivo es fortalecer la gestión urbana con la participación de la población del municipio para que mejore la situación ambiental, se espera que este sistema ayude a definir una infraestructura digital para adicionar otras características de Ciudad Inteligente.

### 4 Esquema de información propuesto

El esquema de información se planea como una estructura en torno a una arquitectura de tres niveles que permite la interrelación de diferentes subsistemas:

1. **Sistemas móviles de ingreso de información:** una aplicación móvil colaborativa permitirá que los ciudadanos registren los árboles y espacios verdes

mediante geolocalización, subiendo imágenes y agregando información mediante formularios. Esta etapa incluye además denuncias y propuestas (por ejemplo, árboles en mal estado, ramas peligrosas, áreas a forestar, incendios, ).

**2. Nivel de procesamiento y análisis:** la información recolectada es almacenada en una base de datos centralizada, donde en un principio será solo repositorio de información pero en una segunda etapa se aplican algoritmos de análisis espacial y categorización de ejemplares (especie, estado fitosanitario, edad aproximada, entre otros). Este módulo también calculará indicadores clave como la densidad arbórea por zona o el impacto ambiental estimado.

**3. Nivel de visualización y gestión:** se plantea en dos etapas, la primera de solo visualización en donde se debe hacer esfuerzos para que la comunidad aprecie la información en la plataforma web y la segunda en donde la información se integre en tableros de control / tableros de comando tanto para utilización del municipio y como de la misma comunidad esperando que se realicen acciones para mejorar los indicadores que se presenten. La idea es presentar mapas interactivos, indicadores relacionados y definir la huella de carbono (cálculo de CO<sub>2</sub> capturado) del municipio como finalidad. Se debe analizar la interoperabilidad con sistemas existentes de gestión municipal y provincial.

Este esquema no solo facilita la gestión del municipio en forma técnica sobre los espacios verdes, sino que promueve una dinámica participativa y sobre todo educativa orientada a los niños y jóvenes por lo que se detectan acciones a realizar especialmente en escuelas de diferentes niveles para concientizar a la población.

## 5 Próximos pasos

Habiendo establecido los objetivos para el esquema de información propuesto, se mencionan los próximos pasos para aplicar en un municipio específico:

### Fase Inicial:

- **Establecimiento de acuerdos:** Este sistema se planifica realizar desde una Universidad Nacional y se deben gestionar acuerdos con el municipio, las direcciones escolares y organizaciones ambientales locales para su involucramiento y compromiso temprano en el diseño del sistema.
- **Sensibilización y formación ciudadana:** en especial dirigida a las escuelas primarias y secundarias para que los niños y jóvenes sean los que difundan esta iniciativa de la ciudad, entendiendo por un lado el uso de la

tecnología y sobre el uso de la aplicación y la importancia del arbolado urbano.

**Fase de Desarrollo:**

- **Desarrollo de la aplicación móvil y Portal Web:** con funcionalidades básicas de registro, geolocalización y carga de imágenes.
- **Implementación y prueba de la aplicación integral:** con la verificación de algoritmos de análisis de la información que se ingrese y su ajuste y utilidad para el sistema.
- **Definición de un tablero de comandos y presentación de la información a los ciudadanos:** se deberán generar mapas e indicadores ambientales, sociales y de participación ciudadana.
- **Análisis de Escalabilidad:** finalmente se debería analizar la posibilidad de adopción del sistema por otros municipios interesados en replicar este esquema de información y capacidades de gestión.

Se deben analizar a futuro tambien acciones de: capacitación a los habitantes del municipio sobre cuidados y forestación, alianzas con empresas para que patrocinen la forestación de espacios, creación de una fundación afin a los objetivos del proyecto, Estos pasos permitirán consolidar un sistema de información que permitira vincular la tecnología con la sostenibilidad y participación social.

**Referencias**

- Leanza, L. N., & Parente, J. R. (2018). Estudio de la Huella de Carbono de la Facultad Regional Delta. *Revista Tecnología Y Ciencia*, (31), 155–162.
- Leanza, P., Lombardi, M., & Rizzo, A. (2018). Measuring and managing the carbon footprint of cities: A literature review and empirical framework. *Environmental Impact Assessment Review*, 71, 1–17.
- Leanza, C. M., et al. (2018). Carbon Footprint Assessment in Urban Planning: A Case Study of Green Infrastructure. *Sustainability*, 10(8), 2901.
- Casas-Toris U. J., Carrillo-Arteaga A. N. J., Rodríguez-Aguilar R. M. (2020) Revisión crítica de sustentabilidad o sostenibilidad, en literatura sobre ciudades inteligentes. *Revista CoPaLa*. 5, 9, 67-90.
- Casas-Torres, R., Reyes-Paecke, S., & Castillo-González, R. (2020). Infraestructura verde urbana: evaluación y desafíos para la planificación y gestión ambiental urbana en ciudades de América Latina. *Revista INVI*, 35(99), 109–140.
- Casas-Torres, J., et al. (2020). Citizen Science and Smart Cities: A Framework for Urban Tree Monitoring. *Sensors*, 20(3), 874.

- Wolf, K. L. (2020). Urban forestry and public health: A community guide to understanding the benefits of trees. Urban Natural Resources Institute, USDA Forest Service.
- European Commission. (2019). Open Data and GIS for Urban Green Spaces Management. Publications Office of the EU. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/xxxx>
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82.
- UN-Habitat. (2021). IoT-Based Solutions for Sustainable Urban Development. United Nations. <https://unhabitat.org/xxxx>
- Naciones Unidas (2015). Sustainable Development Goal 13: Climate Action. <https://sdgs.un.org/goals/goal13>
- USDA Forest Service. (2023). i-Tree Tools: Software for Urban Forest Assessment. <https://www.itreetools.org>
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 37120:2018 Sustainable cities and communities — Indicators for city services and quality of life.