



## CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN MONETARIA DEL CARBONO URBANO DE LA CIUDAD DE CORRIENTES, ARGENTINA

### **Claudia Verónica Luna**

Universidad Nacional del Nordeste  
[claudiaverluna@gmail.com](mailto:claudiaverluna@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0001-7895-3993>

### **María Laura Fontana**

Universidad Nacional del Nordeste  
[ma.la.fo@hotmail.com](mailto:ma.la.fo@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-7922-9435>

### **Juan Pablo Ybarra**

Universidad Nacional del Nordeste  
[juanpabloybarra@gmail.com](mailto:juanpabloybarra@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0001-0166-5392>

### **Mariano Trachta**

Universidad Nacional del Nordeste  
[matrachta@gmail.com](mailto:matrachta@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0003-1602-240X>

### **María Thea Belaustegui**

Universidad Nacional del Nordeste  
[lic.belaustegui@gmail.com](mailto:lic.belaustegui@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0009-7619-8408>

### **Resumen**

Este estudio analiza la capacidad de captura y almacenamiento de carbono del arbolado urbano de la ciudad de Corrientes (Argentina) y su valoración económica como activo ambiental. A partir de ecuaciones alométricas específicas para árboles y palmeras se estimaron biomasa aérea y subterránea, el carbono almacenado y el dióxido de carbono equivalente. Los resultados muestran que el arbolado urbano almacena 844 t de carbono (3.098 tCO<sub>2e</sub>), concentrados principalmente en la Costanera Norte y el Parque Camba Cuá. La biomasa arbórea representa más del 99 % del total, mientras que las palmeras presentan aportes marginales. La valoración económica, basada en un modelo hedónico de precios, arrojó valores entre 13 y 37 USD/tCO<sub>2e</sub> según distintos escenarios de certificación y riesgo. Estos resultados evidencian la influencia de los co-beneficios urbanos, la calidad metodológica y la gobernanza informativa sobre la disposición a pagar. El estudio posiciona al arbolado urbano como infraestructura natural estratégica para la mitigación del cambio climático y la generación de activos ambientales locales. Se concluye que la integración de inventarios georreferenciados, sistemas de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) y marcos regulatorios robustos permitiría incorporar el carbono urbano a esquemas de financiamiento verde y compensación de emisiones en ciudades del Cono Sur.

**Palabras clave:** servicios ecosistémicos, infraestructura verde, economía ambiental, biomasa forestal urbana, créditos de carbono.



## Abstract

This study analyzes the carbon capture and storage capacity of the urban tree cover in the city of Corrientes (Argentina) and its economic valuation as an environmental asset. Using species-specific allometric equations for trees and palms, the aboveground and belowground biomass, stored carbon, and carbon dioxide equivalent (CO<sub>2e</sub>) were estimated. The results show that the urban forest stores 844 tons of carbon (3,098 tCO<sub>2e</sub>), mainly concentrated in the Costanera Norte and Parque Camba Cuá sectors. Tree biomass accounts for more than 99% of the total, while palms make only marginal contributions. The economic valuation, based on a hedonic price model, yielded values between 13 and 37 USD/tCO<sub>2e</sub> under different certification and risk scenarios. These findings highlight the influence of urban co-benefits, methodological quality, and informational governance on willingness to pay. The study positions urban trees as strategic natural infrastructure for climate change mitigation and the generation of local environmental assets. It concludes that integrating georeferenced inventories, Monitoring, Reporting and Verification (MRV) systems, and robust regulatory frameworks would enable the incorporation of urban carbon into green finance and emission offset schemes in Southern Cone cities.

**Keywords:** ecosystem services; green infrastructure; environmental economics; urban forest biomass; carbon credits.

**JEL Codes:** Q51, Q54, R11

## 1. Introducción

El cambio climático constituye uno de los mayores desafíos globales, impulsado por el aumento sostenido de gases de efecto invernadero, entre los cuales el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) representa la mayor proporción (IPCC, 2021). En este contexto, los ecosistemas forestales funcionan como sumideros estratégicos al fijar y almacenar carbono en biomasa y suelos (Pan et al., 2011). Dentro de ellos, el arbolado urbano adquiere una relevancia creciente debido a su capacidad de mitigación climática y a los múltiples servicios ecosistémicos que brinda, como regulación térmica, calidad del aire y bienestar social. Un reciente análisis bibliométrico global confirma que la investigación sobre bosques urbanos ha

pasado de evaluar servicios ecosistémicos tradicionales a un enfoque integrado que enfatiza la multifuncionalidad, la adaptación climática y la innovación en gobernanza (Zhang & Li, 2025). Simultáneamente, una revisión de 2026 evidencia que los bosques urbanos actúan como soluciones basadas en la naturaleza (NbS) para la resiliencia climática, al reducir islas de calor, gestionar escorrentías y proporcionar beneficios culturales (Smith & Johnson, 2026).

El concepto de “Carbono Verde” en línea con enfoques emergentes de infraestructura verde urbana se ha utilizado de manera creciente en la literatura para referirse al carbono capturado y almacenado por los ecosistemas terrestres, principalmente a través de los bosques y otra vegetación leñosa. En el contexto urbano, este término adquiere una



relevancia particular, ya que los árboles y espacios verdes no solo mitigan el cambio climático al secuestrar carbono, sino que también proveen una amplia gama de servicios ecosistémicos adicionales, como la regulación térmica, la mejora de la calidad del aire y el bienestar social (Nowak et al., 2013; Escobedo et al., 2011). En este trabajo, adoptamos “Carbono Verde” como un encuadre analítico, entendido como una herramienta operativa para reconocer y valorizar el potencial de captura de carbono en entornos urbanos y periurbanos. Esta aproximación se inspira en conceptos más amplios como las soluciones basadas en la naturaleza (NbS), definidas como acciones para proteger, gestionar o restaurar ecosistemas de manera efectiva y adaptativa, que al mismo tiempo proporcionan beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad (Cohen-Shacham et al., 2016; Seddon et al., 2020). Al igual que las NbS, nuestro objetivo es promover la monetización del secuestro de carbono mediante esquemas de compensación y créditos de carbono en mercados voluntarios, transformando así a los bosques urbanos de centros de costo a activos generadores de ingresos (City Forest Credits, 2023).

La estimación de la captura de carbono en el arbolado urbano requiere la aplicación de modelos alométricos que permiten inferir biomasa y carbono a partir de variables dendrométricas simples (diámetro, altura, densidad de la madera, entre otros). Avances

recientes incluyen ecuaciones específicas para especies y grupos funcionales, lo que ha mejorado la precisión de las estimaciones (Goodman et al., 2013; Aabeyir et al., 2020). En paralelo, organismos como la FAO (*Food and Agriculture Organization*) y el IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) han establecido metodologías estandarizadas que facilitan la comparabilidad y la conversión a dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2e</sub>) (FAO, 2009; IPCC, 2006).

El valor estratégico de estas métricas se potencia al integrarse en esquemas de valoración económica. Desde el Acuerdo de París, el precio del carbono se ha consolidado como una señal clave para orientar inversiones y políticas de mitigación (Banco Mundial, 2024). No obstante, la coexistencia de múltiples referencias, mercados regulados, transacciones voluntarias, impuestos al carbono y métricas normativas como el Costo Social del Carbono plantea el desafío de seleccionar anclas de precio adecuadas e incorporar ajustes vinculados a la integridad metodológica, el riesgo de reversión y los co-beneficios (ICVCM, 2023; VCMI, 2023).

En este contexto, el precio del carbono ha ganado relevancia global. Según el informe *State and Trends of Carbon Pricing 2025* del Banco Mundial, aproximadamente el 28 % de las emisiones globales se encuentran actualmente cubiertas por algún instrumento de fijación de precios al carbono, mientras que el precio promedio de estos instrumentos casi se ha duplicado en la última década,



alcanzando los 19 USD/tCO<sub>2</sub> en 2025 (*World Bank*, 2025).

Asimismo, el mercado voluntario latinoamericano evidencia una rápida evolución hacia mecanismos de alta integridad, particularmente en proyectos agrícolas y basados en la naturaleza, tal como lo documentan los avances recientes de la Iniciativa de Integridad para los Mercados Voluntarios de Carbono en la región (VCMI, 2025).

En América Latina se observa una arquitectura híbrida de instrumentos — impuestos al carbono, esquemas de comercio de emisiones (*Emission Trading Systems*, ETS) emergentes y programas de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de bosques (REDD+), con avances recientes en Chile, México, Colombia y Brasil, mientras que en Argentina convergen un impuesto al CO<sub>2</sub> vigente, la Estrategia Nacional para el Uso de Mercados de Carbono y la apertura del mercado voluntario de la Bolsas y Mercados Argentinos (BYMA) en 2024 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023; BYMA, 2024). En este contexto, el caso de Corrientes resulta ilustrativo: investigaciones recientes reportan un *stock* de 6.686 tCO<sub>2e</sub> en sectores representativos del arbolado urbano con una captura anual de 71,8 tCO<sub>2</sub> (Luna et al., 2024), evidenciando el potencial de mitigación de la infraestructura verde urbana. Iniciativas como el Proyecto Federal de Innovación Carbono Verde buscan avanzar hacia la integración de

métricas biofísicas verificadas con esquemas de monitoreo, reporte y verificación digital, abriendo camino a pilotos de comercialización (C. Luna, Comunicación personal, 2023).

Este trabajo se propone contribuir a dicha agenda mediante un abordaje integral que combina la estimación del carbono almacenado (*stock* estático) en la biomasa aérea y subterránea del arbolado urbano con el desarrollo de un marco de monetización. Para ello, se plantean: (i) la cuantificación de biomasa y CO<sub>2e</sub> mediante modelos alométricos; (ii) la selección de referencias de precio y los ajustes metodológicos para su valorización; y (iii) la integración de escenarios que articulen los resultados biofísicos y económicos. El objetivo final es ofrecer lineamientos que fortalezcan la gestión sostenible del patrimonio forestal urbano y posicionen a la ciudad de Corrientes como un laboratorio territorial para la transición hacia un modelo urbano más resiliente, sustentable y articulado con la economía verde.

## 2. Metodología

### Área de estudio

El estudio se realizó en seis sectores urbanos de la ciudad de Corrientes: Parque Camba Cuá (-27.465, -58.844), Plazas Cabral (-27.468, -58.831), Vera (-27.467, -58.837) y Torrent (-27.471, -58.832), y las Costaneras Norte (desde -27.473, -58.855 hasta -27.461, -58.830) y Sur (desde -27.474, -58.855 y hasta -27.481, -58.854) (Figura 1). Se realizó



un muestreo de intensidad del 100%, considerando únicamente individuos vivos.

**Figura 1.** Localización de los sitios de relevamiento del arbolado urbano en la ciudad de Corrientes, incluyendo Parque Cambá Cuá (CC), Plaza Cabral (C), Plaza Vera (V), Plaza Torrent (T), Costanera Norte (CN) y Costanera Sur (CS)



Fuente: Elaboración propia.

## Inventario forestal

El inventario forestal se realizó durante el año 2025, seleccionando solo las especies leñosas cuyo diámetro a la altura del pecho fuera  $\geq 5$  cm (criterio adoptado en este trabajo). Se evaluó el estrato arbóreo presente en el dosel arbóreo urbano de la

ciudad de Corrientes. La identificación de cada árbol se realizó a través de los caracteres dendrológicos de naturaleza fisonómica y organográfica.

Caracterización dendrométrica: Se midió 1) diámetro a la altura del pecho (DAP a 1,3 m) con Cintas Diamétricas metálicas Crescent-



Lufkin y 2) Altura total, mediante Medidores láser de altura 50 m marca Bosch, ambos instrumentos adquiridos con fondos del presente proyecto.

Las variables dendrométricas registradas se utilizaron como insumo para calcular la biomasa aérea (*Above-Ground Biomass*, AGB), la biomasa subterránea (*Below-Ground Biomass*, BGB), el carbono almacenado y el CO<sub>2e</sub>.

Cabe aclarar que este estudio cuantifica únicamente el *stock* de carbono (carbono almacenado en biomasa viva al momento del inventario), no los flujos anuales de secuestro. Esta precisión evita interpretaciones erróneas sobre la dinámica temporal de la captura de carbono (IPCC, 2006).

Se aplicaron las siguientes ecuaciones alométricas:

Árboles:

Aabeyir et al. (2020) para biomasa forestal aérea:

$$\text{Biomasa forestal aérea (AGB)} = 0,0580 \times \rho \times (D^2 \times H)^{0,999}$$

Donde:

AGB = biomasa aérea estimada (kg)

D = diámetro a la altura del pecho (DBH, en cm)

H = altura total del árbol (en metros)

$\rho$  = densidad de la madera (g/cm<sup>3</sup>)

0,0580 y 0,999 = constantes empíricas del modelo

Mokany et al. (2006) cuya validez para árboles urbanos ha sido corroborada por Feng et al. (2022) en un estudio reciente sobre biomasa subterránea en contextos urbanos.

$$\text{Biomasa por debajo del suelo (BGB)} = 0,489 \times (\text{AGB})^{0,89}$$

Donde:

Biomasa por debajo del suelo (BGB)

Biomasa aérea estimada (AGB)

0,489 y 0,89 = constantes empíricas del modelo

Palmeras:

GOODMAN ET AL. (2013) para biomasa aérea.

Modelo familiar (todas las especies):

$$\text{Biomasa forestal aérea (AGB)} = (\rho \times D^2 \times H)^{0,25}$$

Donde:

Biomasa aérea estimada (AGB)

$\rho$  (densidad de madera) en g/cm<sup>3</sup>

Diámetro en cm

H (altura) en m

0,25 = constante empírica del modelo

Biomasa subterránea (bs) estimación indirecta (sin ecuación propia destructiva):

$$\text{Biomasa por debajo del suelo (BGB)} = 0,2 \times \text{AGB}$$

Donde:

Biomasa aérea estimada (AGB)

Biomasa por debajo del suelo (BGB)



Se asume que la biomasa subterránea representa un 20% de la biomasa aérea total, en concordancia con estimaciones de la FAO (2009) y el IPCC (2006) para monocotiledóneas en ecosistemas secos o urbanos.

### **Carbono total**

Se asume que el carbono seco representa el 48% de la biomasa total (IPCC, 2006):

$$\text{Carbono total} = (\text{AGB} + \text{BGB}) \times 0,48$$

Donde:

Biomasa aérea estimada (AGB)

Biomasa por debajo del suelo (BGB)

Conversión a CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2e</sub>): Para expresar el carbono en forma de dióxido de carbono almacenado:

$$\text{CO}_2 \text{ equivalente} = \text{carbono} \times 3,67$$

### **Marco de monetización del carbono**

Con el fin de otorgar trazabilidad y valor económico a las toneladas de CO<sub>2e</sub> estimadas, se adoptó un enfoque de economía aplicada que combina tres vertientes metodológicas:

- **Economía del bienestar:** el Costo Social del Carbono (*Social Cost of Carbon*, SCC) se define como el valor monetario del daño marginal que provoca la emisión de una tonelada adicional de CO<sub>2</sub> en la atmósfera a lo largo de su permanencia (Nordhaus, 2017). Su estimación se obtiene mediante modelos integrados que vinculan tres niveles de análisis: las

trayectorias de emisiones, los impactos físicos resultantes sobre el clima y, finalmente, las pérdidas económicas y sociales que dichos impactos generan en sectores como la agricultura, la salud, la infraestructura y la biodiversidad (Nordhaus, 2018). El SCC se utiliza como numerario en análisis de costo-beneficio y en la valoración de co-beneficios asociados a soluciones basadas en la naturaleza (*Nature-based Solutions*, NbS), tales como regulación térmica urbana, biodiversidad y salud pública. No obstante, no constituye un precio de mercado en sentido estricto, ya que su magnitud depende de supuestos normativos —tasa de descuento, función de daños climáticos y escenarios de mitigación— que condicionan fuertemente el resultado (Pindyck, 2019). Por esta razón, es recomendable reportar siempre un valor central acompañado de bandas de sensibilidad que reflejen la incertidumbre inherente al cálculo.

- **Formación de precios en mercados:** en los mercados regulados (ETS o impuestos al carbono), el precio surge de la escasez regulatoria —cantidad de permisos disponibles— o de la alícuota fiscal definida por la autoridad. En contraste, los mercados voluntarios de carbono (*Voluntary Carbon Markets*, VCM) presentan una mayor heterogeneidad: el valor de los créditos depende de atributos como la



certificación metodológica, los co-beneficios ambientales y sociales, el riesgo de reversión y la antigüedad del proyecto. Conte y Kotchen (2010) muestran que estos factores explican variaciones sistemáticas en los precios, mientras que informes recientes destacan que estándares de integridad como los *Core Carbon Principles* (CCP) del *Integrity Council for the Voluntary Carbon Market* (ICVCM) y ratings de calidad influyen de manera creciente en la formación de precios (ICVCM, 2023; MSCI, 2023).

En términos microeconómicos, siguiendo la teoría clásica, la forma de precio que utilizamos es un modelo hedónico: el bien transado (1 tCO<sub>2e</sub>) se valora por sus atributos (integridad, certificaciones de co-beneficios, rating, riesgo de no permanencia, antigüedad, etc.). En términos microeconómicos, la metodología empleada se basa en un modelo de precios hedónicos propuesto inicialmente por Rosen (1974), en el que el precio de un bien heterogéneo se descompone en los valores implícitos de sus atributos constitutivos. Este enfoque ha sido aplicado recientemente en el contexto de los mercados voluntarios de carbono para estimar las primas asociadas a características como el tipo de proyecto o su ubicación geográfica (Lee, 2024). Asimismo, estudios contemporáneos han extendido el marco hedónico a mercados imperfectos, permitiendo recuperar la disposición a pagar

marginal por atributos de productos incluso en presencia de poder de mercado (Huang & Zhao, 2025). En el ámbito más amplio de la valoración no de mercado, Pannell et al. (2025) destacan la utilidad de los métodos hedónicos para informar decisiones políticas cuando los beneficios ambientales no tienen un precio explícito.

### Modelo matemático de valoración

La función de precio  $P_t$  propuesta se compone de la siguiente manera:

$$P_t = A_t + \left( 1 + \sum_{q=1}^n \varphi_q \times w_q \right) \times \left( 1 - \sum_{r=1}^m \Psi_r \times v_r \right) + \varepsilon_t$$

Donde  $A_t$  fija el piso o ancla económico conforme al contexto temporal y geográfico de referencia, es el numerario básico sobre el cual se construye la valoración. Según el objetivo del análisis, puede representar uno de los siguientes de acuerdo con el objetivo del trabajo:

- VCM: precio observado/índice por tipo de crédito – *Afforestation, Reforestation and Revegetation* (ARR); *Improved Forest Management* (IFM); REDD+, entre otros – bajo marcos de integridad;
- Paridad regulatoria: valor de referencia de un sistema de precio al carbono (ETS o impuesto) para compradores expuestos a cumplimiento.

**Nota:** el Costo Social del Carbono (SCC) se emplea exclusivamente como referencia



conceptual para contextualizar los resultados, sin integrarse al modelo operativo.

La prima de calidad representa la disposición a pagar adicional sobre el ancla, resultado de la valoración positiva de atributos diferenciales del crédito. Está conformada por la suma ponderada de distintos factores de calidad ( $\varphi_q$ ), cada uno multiplicado por su peso relativo ( $w_q$ ), que refleja su contribución a la percepción total de valor. Está determinada por atributos observables como:

- La integridad (CCP del ICVCM) / elegibilidad de categoría;
- Los *claims Voluntary Carbon Markets Integrity Initiative* (VCMI: *Silver/Gold/Platinum*);
- Los ratings independientes (BeZero/Silvera), para los que la evidencia empírica muestra  $\approx 20-40\%$  por escalón de ranking (AAA, AA+, AA, etc.);
- Los co-beneficios certificados (ej. *Climate, Community & Biodiversity Standards*, CCB; SD V1Sta; o alineamiento con los *Sustainable Development Goals*, SDGs), con  $\approx 78\%$  de prima promedio frente a proyectos sin co-beneficios.

El descuento por riesgo recoge las reducciones aplicadas al ancla debido a fuentes de incertidumbre o posibles pérdidas de valor. Se construye como la suma ponderada de factores de riesgo ( $\Psi_r$ ), cada uno ponderado por un peso ( $v_r$ ) que refleja su

incidencia en la percepción de riesgo del proyecto. Se desagrega en varios componentes, entre ellos:

- El riesgo de la no permanencia, entendido como la probabilidad de que el carbono almacenado vuelva a la atmósfera, se cuantifica aquí mediante la herramienta *Non-Permanence Risk Tool* (NPRT v4.2), que asigna porcentajes de buffer según el perfil de riesgo del proyecto, particularmente en proyectos de Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (*Agriculture, Forestry and Other Land Use, AFOLU*);
- La unidad tonelada-año (*ton-year*) mide el almacenamiento temporal como el producto de las toneladas de  $\text{CO}_2$  retenidas por el número de años que permanecen fuera de la atmósfera, y se convierte en un equivalente permanente al dividirlo por un horizonte de referencia (p. ej., 100 años);
- La antigüedad del crédito (*vintage*) y la liquidez del canal de comercialización, las cuales influyen en la disposición a pagar y en los descuentos observados en las transacciones.

El modelo incorpora un término de error aditivo  $\varepsilon_t$  que representa la parte del precio unitario no explicada por el ancla económica, las primas de calidad o los descuentos por riesgo. En este trabajo, las estimaciones del modelo no contemplan un componente estocástico explícito; sin embargo, se reconoce la existencia de un error inherente



que recoge la variabilidad residual asociada a factores no modelados, errores de medición y elementos idiosincráticos del mercado. Su inclusión responde a la necesidad de dejar constancia de que el modelo, aun en su forma teórica, no captura de manera exhaustiva toda la complejidad de la formación de precios en los mercados de carbono.

### Aplicación ilustrativa del modelo al “Caso Corrientes”

Los valores de primas y descuentos presentados a continuación no derivan de una calibración empírica específica para la ciudad de Corrientes, sino que se basan en rangos documentados en la literatura institucional sobre mercados voluntarios de carbono (ICVCM, 2023; MSCI, 2023). Los resultados deben interpretarse como órdenes de magnitud exploratorios y no como estimaciones predictivas. En consecuencia, constituyen un ejercicio exploratorio de

carácter determinista que permite ilustrar la sensibilidad del valor económico del carbono frente a distintos niveles de certificación y riesgo percibido.

Como el modelo está basado en seguir los lineamientos de la economía de bienestar, se buscó calcular y reportar un valor central (escenario base) acompañado de una banda de sensibilidad con límites mínimos y máximos (escenario bajo y alto). El primer paso fue determinar el ancla de referencia ( $A_t$ ) que establece el piso económico sobre el cual se construye la valoración. Los tres escenarios utilizan la misma ancla de referencia, la cual se obtuvo en base a la Tabla 1, que nos indica el precio promedio del carbono por región a nivel mundial. En el caso de Corrientes, se adoptó como punto medio operativo un valor de USD 20/t, dentro del corredor de USD 10–25/t documentado para Latinoamérica a la fecha del presente caso.

**Tabla 1.** Precio Promedio del Carbono por Región en 2024

Región	Precio Promedio
Europa & Asia Central	USD 50
US & Canadá	USD 48
América Latina & Caribe	USD 21
Asia del Este & Pacífico	USD 11
África	USD 10

Fuente: Visual Capitalist (2024)

Esta franja recoge señales de mercado en distintos nichos, desde operaciones mayoristas hasta créditos premium asociados a co-beneficios, y permite flexibilidad para adaptarse a escenarios futuros si cambia el

precio de referencia al momento de iniciar la operación. La incorporación de multiplicadores adicionales, relacionados con el origen del crédito, el segmento de demanda, el volumen transado o el año de



emisión (vintage), sigue la lógica de los enfoques hedónicos de valoración, que capturan cómo los atributos específicos inciden en la disposición a pagar.

El segundo elemento corresponde a las primas de calidad ( $\varphi_q$ ), que reflejan la disposición a pagar un valor adicional por atributos verificables del activo climático. Para el escenario base se consideran tres multiplicadores principales: una prima de +30% por co-beneficios urbanos, sustentada en el diagnóstico local que evidencia la contribución del arbolado a la regulación térmica, la calidad del aire, el manejo de escorrentías y los beneficios culturales y recreativos; una prima de +20% por integridad y elegibilidad de la categoría, en línea con los requerimientos de los estándares y mecanismos de monitoreo, reporte y verificación; y una prima de +10% asociada a la condición de vintage reciente (2025), que responde a la preferencia del mercado por emisiones nuevas. En un escenario más optimista, se incorpora la posibilidad de un +20% adicional en caso de obtener un rating independiente A/AA, mientras que en el escenario base este multiplicador se mantiene en 0% al no existir aún certificación. Este marco encuentra sustento en el contexto local aportado por Luna et al. (2024), que señala diversidad baja en los espacios estudiados, mayor riqueza relativa en la Costanera Norte y un arbolado de mayor edad en Parque Mitre, con una población beneficiaria estimada en 30.720 habitantes, lo que refuerza la narrativa

de impacto urbano y la justificación de estas primas. Dado que aún no se dispone de evidencia empírica sobre la importancia relativa que los compradores asignan a cada atributo, los pesos de ponderación se asumen equivalentes entre las distintas fuentes de prima por calidad.

Finalmente, el modelo incluye los descuentos por riesgo o temporalidad ( $\Psi_r$ ), que funcionan como correctores destinados a reflejar la exposición a incertidumbres que pueden afectar la permanencia del carbono almacenado. En este caso, se aplica un 15% de descuento por riesgo de no permanencia, en línea con el rango operativo de 5–20% utilizado en estándares internacionales, justificado por la concentración taxonómica observada en sectores como la Costanera Norte y el Parque Camba Cuá, que supera la regla de diversidad mínima de Santamour (1990) y aumenta la exposición a riesgos bióticos. Adicionalmente, se incorpora un 5% de descuento por fricciones de canal y liquidez, coherente con la comercialización inicial en mercados *over-the-counter* (OTC), donde es habitual aplicar descuentos conservadores en las primeras etapas de colocación. Estos ajustes aseguran que el valor final sea realista y consistente con los riesgos identificados en el *stock* urbano de carbono. Al igual que en el caso de las primas por calidad, los factores de riesgo se ponderan de forma homogénea, hasta contar con evidencia que permita ajustar sus pesos relativos.



## Estimación del valor económico del carbono urbano

Se utilizaron los valores de CO<sub>2</sub> equivalente calculados a partir de las ecuaciones dendrométricas aplicadas al inventario de arbolado urbano. Posteriormente, el CO<sub>2e</sub> obtenido se multiplicó por el precio de la tonelada de CO<sub>2e</sub> estimado mediante la

## 4. Resultados y Discusión

El dosel arbóreo urbano de los sectores de la ciudad de Corrientes incluidos en este estudio

ecuación desarrollada en este estudio. De esta manera, se obtuvo el valor monetario del carbono capturado tanto para cada sector analizado como para el total de la ciudad, permitiendo vincular la magnitud biofísica del servicio ecosistémico con su potencial de monetización en los mercados voluntarios de carbono urbano.

cuenta con un total de existencias de 1.491 individuos, mientras que se registró la presencia de 476 palmeras en el área de estudio (Tabla 2).

**Tabla 2.** Existencias en los sectores relevados

Sectores	Existencias		Totales
	Árboles	Palmeras	
Parque Camba Cuá	289	55	344
Plaza Cabral	68	33	101
Plaza Vera	19	35	54
Plaza Torrent	135	6	141
Costanera Norte	808	77	885
Costanera Sur	172	270	442
<b>Totales</b>	<b>1.491</b>	<b>476</b>	<b>1.967</b>

Los resultados obtenidos muestran que el dosel arbóreo relevado (1.491 ejemplares) alcanzó una biomasa total de 1.758,7 t, lo que representa un almacenamiento de carbono de 844,17 t y un equivalente de 3.098,12 t de CO<sub>2</sub> (Tablas 2 y 3). En contraste, las 476 palmeras censadas presentaron valores significativamente menores, con una biomasa total de 2,8 t, un almacenamiento de carbono de 1,34 t y un equivalente de 4,93 t de CO<sub>2</sub> (Tablas 2 y 4). Estos resultados adquieren

relevancia en el contexto del presupuesto global de carbono. El *Global Carbon Budget* 2025 estima que las emisiones antropogénicas totales de CO<sub>2</sub> alcanzaron 42,4 ± 3,2 GtCO<sub>2</sub> en 2024, lo que representa un incremento del 1,1 % respecto del año anterior y subraya la necesidad de fortalecer los sumideros naturales y la infraestructura verde urbana (Friedlingstein et al., 2025).

En este marco, los resultados evidencian una marcada diferencia en la contribución de



ambos grupos al secuestro de carbono, destacando la importancia relativa del arbolado urbano frente a las palmeras en términos de mitigación del cambio climático. En términos comparativos, los árboles explican más del 99 % del carbono almacenado en el área estudiada, mientras que las palmeras, a pesar de su abundancia, presentan una contribución marginal,

atribuible a su menor densidad y a sus características anatómicas.

Los sectores con mayor captura fueron la Costanera Norte (1.399,64 t CO<sub>2e</sub>) y el Parque Camba Cuá (635,80 t CO<sub>2e</sub>), lo cual se asocia tanto a la densidad de individuos como a su estructura de porte.

**Tabla 3.** Estimación de la biomasa forestal, carbono almacenado y CO<sub>2e</sub> en el dosel arbóreo relevado

Sector	Existencias	Biomasa aérea (t)	Biomasa subterránea (t)	Biomasa total (t)	C almacenado (t)	CO <sub>2e</sub> (t)
CC	289	250,83	110,08	360,92	173,24	635,80
C	68	79,65	32,78	112,44	53,97	198,08
T	135	253,69	104,36	358,05	171,86	630,75
V	19	43,32	17,99	61,32	29,43	108,03
CN	808	554,29	240,23	794,53	381,37	1399,64
CS	172	47,10	24,30	71,41	34,27	125,79
<b>Totales</b>	<b>1.491</b>	<b>1.228,91</b>	<b>529,79</b>	<b>1.758,70</b>	<b>844,17</b>	<b>3.098,12</b>

Referencias: CC: Parque Camba Cuá; C: Plaza Cabral; T: Plaza Torrent; V: Plaza Vera; CN: Costanera Norte; CS: Costanera Sur.

**Tabla 4.** Estimación de la biomasa forestal, carbono almacenado y CO<sub>2e</sub> en las palmeras relevadas

Sector	Existencias	Biomasa aérea (t)	Biomasa subterránea (t)	Biomasa total (t)	C almacenado (t)	CO <sub>2e</sub> (t)
CC	55	0,29	0,05	0,34	0,16	0,61
C	33	0,15	0,03	0,19	0,09	0,33
T	6	0,04	0,008	0,04	0,02	0,08
V	35	0,09	0,02	0,11	0,05	0,20
CN	77	0,41	0,08	0,49	0,24	0,87
CS	270	1,32	0,26	1,59	0,76	2,80
<b>Totales</b>	<b>476</b>	<b>2,33</b>	<b>0,46</b>	<b>2,79</b>	<b>1,34</b>	<b>4,92</b>

Referencias: Referencias: CC: Parque Camba Cuá; C: Plaza Cabral; T: Plaza Torrent; V: Plaza Vera; CN: Costanera Norte; CS: Costanera Sur.



Utilizando la ecuación propuesta y los parámetros correspondientes al caso de la ciudad de Corrientes, se confeccionó la Tabla

5 que esclarece la obtención de los valores de una tonelada de CO<sub>2e</sub> para cada escenario dentro de la banda de precios.

**Tabla 5.** Parámetros de los escenarios y sensibilidad discreta del precio del carbono

Escenario	Ancla (USD)	Primas (%)	Descuentos (%)	Precio (USD/t CO <sub>2e</sub> )
Bajo	20	0	35	13
Base	20	60	20	25,6
Alto	20	115	15	36,5

En el escenario bajo, caracterizado por la ausencia de certificaciones y la colocación en un canal OTC con alta fricción, el precio cae hasta los 13 USD/t. Este valor refleja el efecto acumulado de no poder capturar co-beneficios ni atributos de integridad metodológica, mientras que la exposición a riesgos de no permanencia y a un mercado poco líquido genera descuentos sustanciales que arrastran el valor por debajo de los pisos observados en los segmentos más exigentes.

El escenario base introduce co-beneficios urbanos verificados, integridad metodológica alineada a estándares y un vintage reciente. Estas adiciones se traducen en un incremento del 60% en las primas de calidad, que compensan de manera significativa los descuentos asociados al buffer de riesgo AFOLU y a la iliquidez del canal. Como resultado, el precio unitario asciende a 25,6 USD/t, es decir, prácticamente el doble del escenario bajo. Este nivel de precio se ubica en la zona media de los corredores premium y coincide con las preferencias documentadas

de compradores institucionales y ciudadanos por atributos verificables y actualizados.

En el escenario alto, la incorporación de un rating independiente de nivel A/AA y la colocación en un canal más transparente generan un salto adicional en el valor. Las primas totales alcanzan el 115%, mientras que los descuentos se reducen al 15%. El precio se eleva a 36,5 USD/t, lo que posiciona al proyecto en el rango superior del mercado premium y en el límite inferior del segmento de *retail* ciudadano, donde las disposiciones a pagar son mayores. La diferencia de más de 23 USD/t entre el escenario bajo y el alto pone en evidencia la importancia de la información, la certificación y la canalización adecuada para maximizar la captura de valor.

A partir de la combinación entre los valores de CO<sub>2e</sub> obtenidos mediante las ecuaciones dendrométricas y el precio estimado de la tonelada de CO<sub>2e</sub> para cada escenario, se calculó el valor económico del carbono urbano en los distintos sectores analizados. La Tabla 6 presenta los resultados de esta



monetización, expresados en dólares estadounidenses (USD), bajo tres escenarios de precio, bajo, base y alto, que reflejan

diferentes niveles de certificación, riesgo y calidad del activo climático.

**Tabla 6.** Valor económico del carbono urbano (USD) bajo distintos escenarios de sensibilidad discreta

Sector	CO <sub>2e</sub> total (t)	Escenario bajo (USD)	Escenario base (USD)	Escenario alto (USD)
CC	636,41	8.273,33	16.292,10	23.228,97
C	198,45	2.579,85	5.080,32	7.243,43
T	630,83	8.200,79	16.149,25	23.025,30
V	108,23	1.406,99	2.770,69	3.950,40
CN	1.400,51	18.206,63	35.853,06	51.118,62
CS	128,59	1671,67	3291,90	4693,54
<b>Totales</b>	<b>3.103,02</b>	<b>40.339,26</b>	<b>79.437,31</b>	<b>113.260,23</b>

Referencias: CC: Parque Camba Cuá; C: Plaza Cabral; T: Plaza Torrent; V: Plaza Vera; CN: Costanera Norte; CS: Costanera Sur.

Los resultados muestran una alta concentración del valor económico en la Costanera Norte, que representa más del 40% del total estimado para la ciudad, seguida por los sectores Camba Cuá y Torrent, donde la cobertura arbórea y la biomasa acumulada son significativamente mayores. En contraste, las plazas Vera y Cabral presentan valores más bajos, acordes con su menor superficie y densidad de arbolado. En conjunto, la estimación total para la ciudad varía entre USD 40.339 y 113.260, dependiendo del escenario considerado, lo que demuestra el potencial económico de los servicios climáticos urbanos y la sensibilidad del valor monetario frente a la calidad y el riesgo percibido del activo.

## 5. Discusión

Estos resultados coinciden con estudios previos que reportan una contribución dominante del arbolado urbano frente a otras formas vegetales en el almacenamiento de carbono y refuerzan su rol estratégico como sumidero de carbono y componente fundamental de la infraestructura verde. La ciudad de Corrientes, empleada como caso de estudio, es representativa de las ciudades intermedias del Cono Sur; no obstante, la extrapolación de estos hallazgos a otras urbes debe realizarse con cautela. La biomasa arbórea representó más del 99 % del carbono total almacenado (844,17 tC, equivalente a 3.098 tCO<sub>2e</sub>), mientras que las palmeras mostraron una contribución marginal. Esta disparidad responde a las diferencias anatómicas y fisiológicas entre grupos funcionales —principalmente la densidad de



la madera y la proporción de biomasa aérea—, lo que concuerda con investigaciones recientes que evidencian contrastes significativos en la capacidad de captura de carbono entre taxones (Nowak et al., 2013; Sullivan et al., 2023). Por lo que la composición específica del arbolado urbano es un factor determinante en el diseño de estrategias de mitigación climática basadas en la naturaleza. Aunque las palmeras desempeñan roles culturales y estéticos relevantes, su contribución a la captura de carbono resulta limitada (Goodman et al., 2013). En este sentido, la planificación urbana debería priorizar especies con alta capacidad de acumulación de biomasa, sin descuidar la diversidad funcional necesaria para garantizar resiliencia frente al cambio climático y la incidencia de plagas (Escobedo et al., 2011; Hwang et al., 2022).

Desde la economía ecológica, la cuantificación biofísica del stock de carbono constituye un insumo esencial para la integración del arbolado urbano en los mercados de carbono, tanto regulados como voluntarios (Brown et al., 2025; Peters-Stanley & Yin, 2013). La posibilidad de monetizar este servicio ecosistémico convierte la infraestructura verde en un activo climático que vincula ciencia, política pública y financiamiento (World Bank, 2025). La transición de la medición biofísica hacia la valorización económica implica un cambio de paradigma: el carbono urbano se transforma en un activo transable, cuyo valor depende de

la integridad metodológica, la certificación y la gobernanza informativa (Broekhoff et al., 2019; ICVCM, 2023). Este hallazgo se alinea con las directrices internacionales que promueven la integración de soluciones basadas en la naturaleza en las estrategias nacionales de desarrollo bajo en carbono (IPCC, 2021; UNEP, 2022).

El rango estimado de precios (13–37 USD/tCO<sub>2e</sub>) es consistente con las estructuras actuales de los mercados voluntarios latinoamericanos (Newell et al., 2013; NDC *Partnership*, 2024). La implementación de sistemas locales de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) permitiría capitalizar co-beneficios urbanos —como la regulación térmica, la mejora de la calidad del aire y la salud pública—, transformando externalidades ecológicas en flujos económicos tangibles (Haya et al., 2020).

La localización del carbono almacenado en sectores emblemáticos —como la Costanera Norte y el Parque Camba Cuá— sugiere una potencial dimensión de inequidad ambiental que merece análisis específicos. La distribución desigual de la cobertura arbórea reproduce asimetrías en el acceso a los beneficios climáticos, por lo que incorporar la equidad en la planificación urbana se convierte en una condición indispensable para garantizar una distribución justa de los servicios ecosistémicos (Anguelovski et al., 2020).



La prima por co-beneficios se basa en diagnósticos locales que reconocen servicios como la regulación térmica, la mejora de la calidad del aire y el manejo de escorrentías (Baró et al., 2014; Livesley et al., 2016). Estas externalidades positivas justifican un diferencial de valoración en mercados con preferencia por impactos verificables. Paralelamente, la baja diversidad y dominancia de especies en algunos sectores sustenta la aplicación de un buffer conservador (Nielsen et al., 2014). Así, el mismo diagnóstico que respalda la prima por co-beneficios orienta también el descuento por riesgo y su ajuste en función del manejo adaptativo del arbolado.

Esta convergencia respalda la validez externa del modelo, reflejando que las estimaciones integran tanto la lógica biofísica y de calidad del arbolado urbano como la dinámica de los mercados voluntarios de carbono (Broekhoff et al., 2019). El término de error incluido reconoce la variabilidad no explicada, pero su distribución no puede estimarse sin datos empíricos que validen la especificación. Tal como señalan las más recientes guías sobre compensaciones de carbono (Broekhoff & Gillenwater, 2025), la calidad metodológica y la transparencia en la certificación son factores crecientemente determinantes en la formación de precios en los mercados voluntarios.

A medida que los co-beneficios puedan ser medidos, verificados y convertidos en atributos transables mediante certificaciones

transparentes, será posible acceder a precios más altos y estables. La transición desde un valor de *commodity* básico hacia un activo premium depende de la capacidad de los proyectos para reducir riesgos percibidos y aumentar la información disponible para los compradores. De esta manera, la calidad del sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) se consolida como la principal palanca de captura de valor adicional en los mercados de carbono urbano (Haya et al., 2020).

En el caso del carbono urbano, la sostenibilidad de la estrategia depende de diseñar arreglos que reduzcan las fricciones informativas y los riesgos de no permanencia. Desde la teoría institucional, esto implica internalizar los costos de transacción asociados a la generación y verificación de información confiable. Al asumir deliberadamente estos costos —mediante inversión en certificación, transparencia y adopción de estándares internacionales— se logra apropiarse de manera más robusta de las externalidades positivas generadas por el arbolado, trasladándolas a precios que reflejan tanto su valor climático como sus beneficios locales (Coase, 2013; Williamson, 1991; Ostrom, 2009).

El fenómeno observado en Corrientes puede interpretarse entonces como un proceso gradual de escalamiento institucional, en el cual el valor del carbono se construye simultáneamente en la biomasa y en las instituciones que le otorgan credibilidad (Kreibich & Hermwille, 2021). La arquitectura



de gobernanza elegida —desde canales OTC hasta mercados regulados— refleja el grado de información disponible y el costo socialmente aceptado de producirla. Ello sugiere que el desafío no se limita a cuantificar stocks, sino a diseñar arreglos contractuales y de política pública que minimicen costos de transacción, fortalezcan la apropiabilidad de las externalidades y generen incentivos de largo plazo para sostener el rol del arbolado urbano como infraestructura natural de mitigación climática (Williamson, 2000; Ostrom, 2009).

La presencia de sitios icónicos con mayor stock (Costanera Norte y plazas céntricas) facilita además la arquitectura de “familias de origen” y un *storytelling* verificable mediante códigos QR o sistemas digitales de MRV, atributos que suelen demandar los segmentos de mayor valor (Peters-Stanley & Yin, 2013). Las principales incertidumbres se concentran en tres frentes: (a) el precio ancla, sujeto a volatilidad en canales NbS latinoamericanos; (b) la certificación efectiva de co-beneficios; y (c) el riesgo de no permanencia, dependiente de las prácticas de gestión adoptadas. Diversos estudios recientes coinciden en que los bosques urbanos, cuando se diseñan como infraestructura verde resiliente, pueden contribuir simultáneamente a la mitigación, la adaptación y la reducción del riesgo de desastres en entornos urbanos (Maragno et al., 2026).

Este caso ofrece, por tanto, implicancias de política y gobernanza: la combinación de

inventario trazable, estándares de integridad y estrategias de canal por nicho crea una ruta de monetización pública compatible con objetivos climáticos y de bienestar urbano. Esta articulación se alinea con los enfoques contemporáneos de gobernanza climática multinivel, que destacan el rol de los gobiernos locales en la implementación de acciones de mitigación y adaptación (Bulkeley & Betsill, 2013). A su vez, la aplicación de criterios de medición, reporte y verificación (MRV) coherentes con los estándares internacionales de integridad ambiental (Goldstein et al., 2021) fortalece la legitimidad del esquema y su potencial de replicabilidad en otros distritos con capacidades institucionales equivalentes.

## 5. Conclusiones

El presente estudio demuestra que el arbolado urbano de la ciudad de Corrientes constituye un activo ambiental estratégico con alta capacidad de captura y almacenamiento de carbono, con implicancias directas en la mitigación del cambio climático y la valorización de los servicios ecosistémicos urbanos. La aplicación de modelos alométricos específicos para árboles y palmeras permitió obtener estimaciones robustas de biomasa y carbono, adecuadas a la heterogeneidad estructural del entorno urbano.

Desde una perspectiva económica e institucional, la valorización monetaria del carbono urbano revela oportunidades



concretas para integrar el arbolado en esquemas de compensación y financiamiento climático, siempre que se consoliden sistemas de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) confiables y marcos regulatorios coherentes con los estándares internacionales.

El estudio subraya que la creación de un mercado local de carbono verde depende tanto de la capacidad de gestión y gobernanza como de la información ecológica disponible. Incorporar el valor del carbono urbano en la planificación territorial y la política pública permitirá reconocer al arbolado no solo como

componente estético o recreativo, sino como infraestructura natural esencial en la transición hacia ciudades sostenibles, resilientes y bajas en carbono.

**Agradecimientos:** A Franco Exequiel Vallejos, Héctor Enrique González, Juan Schaumburg y Mariano Buyatti por el apoyo durante el relevamiento de datos. Al PFI 2023 (PROYECTOS FEDERALES DE INNOVACIÓN) Carbono Verde: Maximizando la Captura y Monetización del Potencial Forestal Urbano; y a la Municipalidad de la ciudad de Corrientes, Argentina.

## Referencias

Aabeyir, R., Adu-Bredu, S., Agyare, W. A., & Weir, M. J. (2020). Allometric equations for estimating tree biomass in tropical ecosystems: A synthesis approach. *Forest Ecology and Management*, 466, 118124. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118124>

Anguelovski, I., Connolly, J. J., Masip, L., & Pearsall, H. (2020). Assessing green gentrification in historically disenfranchised neighborhoods: A longitudinal and spatial analysis of Barcelona. *Urban Geography*, 41(3), 458–481. <https://doi.org/10.1080/02723638.2019.1664256>

Banco Mundial. (2024). Carbon pricing dashboard. World Bank. <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org>

Baró, F., Chaparro, L., Gómez-Baggethun, E., Langemeyer, J., Nowak, D. J., & Terra-das, J. (2014). Contribution of ecosystem services to air quality and climate change mitigation policies: The case of urban forests in Barcelona, Spain. *AMBIO*, 43(4), 466–479.

Bolsas y Mercados Argentinos (BYMA). (2024). Mercado Voluntario de Carbono:

Primera Transacción. <https://www.byma.com.ar>

Broekhoff, D., & Gillenwater, M. (2025). Carbon offset guide (2nd ed.). Greenhouse Gas Management Institute & Stockholm Environment Institute. <https://offsetguide.org/download/>

Broekhoff, D., Gillenwater, M., Colbert-Sangree, T., & Cage, P. (2019). Securing climate benefit: a guide to using carbon offsets. Stockholm Environment Institute & Greenhouse Gas Management Institute, 60.

Brown, N., Sordello, R., Kipfmüller, K., & Ziegler, T. (2025). Carbon-related opportunities in urban and community forestry: Perspectives of non-profit organizations and public agencies in California, USA. *Journal of Forestry*, 123(4-5), 445-465. <https://doi.org/10.1007/s44392-025-00035-y>

Bulkeley, H., & Betsill, M. M. (2013). Revisiting the urban politics of climate change. *Environmental Politics*, 22(1), 136–154.

City Forest Credits. (2023). Smart Surfaces: Where Trees Fit In: <https://www.cityforestcredits.org>



Coase, R. H. (2013). The problem of social cost. *The Journal of Law and Economics*, 56(4), 837-877.

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (Eds.). (2016). *Nature-based solutions to address global societal challenges*. IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>

Conte, M. N., & Kotchen, M. J. (2010). Explaining the price of voluntary carbon offsets. *Climate Change Economics*, 1(2), 93–111.

Escobedo, F. J., Kroeger, T., & Wagner, J. E. (2011). Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. *Environmental Pollution*, 159(8-9), 2078-2087. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.01.010>

FAO (Food and Agriculture Organization). (2009). *Guidelines for national greenhouse gas inventories: Agriculture, forestry and other land use*. FAO/IGES.

Feng, Y., Zhang, H., & Wang, X. (2022). Allometric models for estimating below-ground biomass of urban trees in northern China. *Urban Forestry & Urban Greening*, \*78\*, 127768. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127768>

Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Hauck, J., ... & Zaehle, S. (2025). Global carbon budget 2025. *Earth System Science Data Discussions*, 2025, 1–139. <https://doi.org/10.5194/essd 2025 659>

Goldstein, A., Turner, W. R., Spawn, S. A., Anderson, T. E., & Gibbs, H. K. (2021). Protecting irrecoverable carbon in Earth's ecosystems. *Nature Climate Change*, 11(2), 102–107.

Goodman, R. C., Phillips, O. L., del Castillo Torres, D., Freitas, L., Cortese, S. T., Montagudo, A., ... & Baker, T. R. (2013). Amazon palm biomass and allometry. *Forest*

*Ecology and Management*, 310, 994-1004. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.09.045>

Haya, B., Cullenward, D., Strong, A. L., Grubert, E., Heilmayr, R., Sivas, D. A., & Wara, M. (2020). Managing uncertainty in carbon offsets: insights from California's standardized approach. *Climate Policy*, 20(9), 1112-1126.

Huang, J. C., & Zhao, M. Q. (2025). A hedonic price model to recover marginal willingness to pay for product attributes in the presence of market power. *Land Economics*, 101(3), 423-440. <https://doi.org/10.3368/le.101.3.051124-0042R>

Hwang, Y. H., Lee, S. H., & Son, Y. (2022). Resilience of urban forests to climate change and pests: A review of ecological and management strategies. *Forests*, 13(2), 209. <https://doi.org/10.3390/f13020209>

ICVCM (Integrity Council for the Voluntary Carbon Market). (2023). *Core Carbon Principles, Assessment Framework, and Assessment Procedure for High-Integrity Carbon Credits*. <https://icvcm.org/wp-content/uploads/2024/02/CCP-Book-V1.1-FINAL-LowRes-15May24.pdf>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Institute for Global Environmental Strategies.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>

Kreibich, N., & Hermwille, L. (2021). Caught in between: credibility and feasibility of the voluntary carbon market post-2020. *Climate Policy*, 21(7), 939-957.

Lee, C.-W. (2024). Exploring the premiums of different types of carbon offsets in nature-based projects within the voluntary carbon



offset market. National Sun Yat sen University.  
<https://ethesys.lis.nsysu.edu.tw>

Livesley, S. J., McPherson, E. G., & Calfapietra, C. (2016). The urban forest and ecosystem services: impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street, and city scale. *Journal of Environmental Quality*, 45(1), 119-124.

Luna, C., Fontana, M., Ortiz, N., Talavera, G., Poupard, M., Bertolo, D., Cristiá, A. (2024) "Diversidad y servicios ecosistémicos de la ciudad de Corrientes: aportes del dosel arbóreo urbano costero". *Revista Proyección, Estudios Geográficos y de Ordenamiento Territorial* N° 35, Vol. XVIII, Instituto CIFOT, Universidad Nacional de Cuyo, pp. 25 – 46, ISSN 1852 - 0006

Maragno, D., Fontana, M., & Musco, F. (2026). Urban climate change mitigation, adaptation, and disaster risk reduction – A review on their joint use for spatial resilience. *TeMA – Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 2026 (Special Issue).  
<https://oajournals.fupress.net/index.php/tema/article/view/15514>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). Resolución 385/2023: Estrategia Nacional para el Uso de los Mercados de Carbono. [Boletín Oficial de la República Argentina, N° 35298, p. 53].

Mokany, K., Raison, R. J., & Prokushkin, A. S. (2006). Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biomes. *Global Change Biology*, 12(1), 84-96. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.001043.x>

MSCI. (2023). State of Integrity in the Global Carbon-Credit Market. MSCI Carbon Markets. <https://www.msci.com>

NDC Partnership. (2024). Carbon Pricing and Climate Policy in Latin America and the Caribbean: Progress and Opportunities. Washington, D.C.: NDC Partnership / World Bank.

Newell, R. G., Pizer, W. A., & Raimi, D. (2013). Carbon markets 15 years after Kyoto: Lessons learned, new challenges. *Journal of Economic Perspectives*, 27(1), 123-146.

Nielsen, A. B., van den Bosch, M., Maruthaveeran, S., & van den Bosch, C. K. (2014). Species richness in urban parks and its drivers: A review of empirical evidence. *Urban Ecosystems*, 17(1), 305–32

Nordhaus, W. (2018). Projections and uncertainties about climate change in an era of minimal climate policies. *American economic journal: economic policy*, 10(3), 333-360.

Nordhaus, W. D. (2017). Revisiting the social cost of carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(7), 1518-1523.

Nowak, D. J., Greenfield, E. J., Hoehn, R. E., & Lapoint, E. (2013). Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution*, 178, 229-236. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.019>

Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing the sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422.

Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., ... & Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333(6045), 988-993. <https://doi.org/10.1126/science.1201609>

Pannell, D. J., Johnston, R. J., Burton, M. P., Iftexhar, M. S., Rogers, A. A., & Day, C. (2025). The value of a value: The benefits of improved decision making informed by non-market valuation. *Journal of Environmental Economics and Management*, 131, 103148. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2025.103148>

Peters-Stanley, M., & Yin, D. (2013). Maneuvering the mosaic: State of the voluntary carbon markets 2013. *Forest Trends' Ecosystem Marketplace*.



Pindyck, R. S. (2019). The social cost of carbon revisited. *Journal of Environmental Economics and Management*, 94, 140-160.

Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy*, 82(1), 34–55.

Santamour, F. S. (1990, June). Trees for urban planting: diversity, uniformity, and common sense. In *Proceedings of the 7th conference of the metropolitan tree improvement alliance* (Vol. 7, No. 7, pp. 57-66). Lisle, IL: Metria.

Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C. A. J., Smith, A., & Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1794), 20190120.

Smith, J. A., & Johnson, L. M. (2026). Nature-based solutions for resilience: A global review of ecosystem services from urban forests and cover crops. *Diversity*, 18(1), 47. <https://doi.org/10.3390/d18010047>

Sullivan, M. J. P., Lewis, S. L., Affum-Baffoe, K., Castilho, C., Costa, F., Sanchez, A., ... Phillips, O. L. (2023). Long-term thermal sensitivity of Earth's tropical forests. *Nature*, 615, 97–102. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05754-w>

UNEP. (2022). Nature-based solutions for climate mitigation. United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org/resources/report/nature-based-solutions-climate-mitigation>

Visual Capitalist. (2024). Visualized: The price of carbon around the world in 2024. <https://www.visualcapitalist.com/sp/visualized-the-price-of-carbon-around-the-world-in-2024>

Voluntary Carbon Markets Integrity Initiative (VCMI). (2023). VCMI claims code of practice. Voluntary Carbon Markets Integrity Initiative. <https://vcmintegrity.org>

Voluntary Carbon Markets Integrity Initiative (VCMI). (2025). From Panama to Belém: How Latin America and the Caribbean are unlocking high-integrity carbon markets for agriculture and nature. <https://vcmintegrity.org/from-panama-to-belem-how-latin-america-and-the-caribbean-is-unlocking-high-integrity-carbon-markets-for-agriculture-and-nature/>

Williamson, O. E. (1991). Comparative economic organization: The analysis of discrete structural alternatives. *Administrative Science Quarterly*, 269-296.

Williamson, O. E. (2000). The new institutional economics: taking stock, looking ahead. *Journal of Economic Literature*, 38(3), 595-613.

World Bank. (2025). State and Trends of Carbon Pricing 2025. World Bank. <https://www.worldbank.org/en/publication/state-and-trends-of-carbon-pricing>

Zhang, H., & Li, Y. (2025). Urban forests and green environments for sustainable cities: Knowledge landscape, research trends, and future directions. *Forests*, 16(11), 1675. <https://doi.org/10.3390/f16111675>