

The Water Impacts of Establishing an Equitable Tree Canopy for Los Angeles

Impactos en el Agua del Establecimiento de un Dosel de Árboles Equitativo Para Los Ángeles

Shona Paterson

Abstract

Extreme heat as a result of climate change is already being felt in Los Angeles and will only increase throughout the century. Not all residents of Los Angeles feel these effects equally. Shaded areas provide valuable relief from the heat, but the shade provided by street trees has historically been concentrated in certain communities and excluded from others. To create a just future in the face of climate change, all communities must have the resources to maintain habitable conditions, including shade trees. Establishing the number of trees required to build an equitable tree canopy for the city requires another scarce resource: water. This paper analyzes the amount of water and associated impacts required to establish an equitable tree canopy in Los Angeles through a lens of distributive justice. I conclude that, from a water standpoint, the benefits of increased tree canopy outweigh the energy, financial, and supply costs needed to achieve a more equitable tree canopy.

Introduction

Los Angeles has long attracted people with its year-round sunshine and warm weather. In the face of climate change and urban development, however, the city's famously pleasant climate creeps closer to deadly extreme heat. To adapt to hotter temperatures, the city must find ways of staying cool. One such mechanism is increasing the urban tree canopy. Street trees provide shade and lower ambient air temperatures, which can help cool temperatures in the city. Historically, trees have been concentrated in areas of the city with greater wealth and are especially scarce in low-income communities and communities of color. To prevent the consequences of climate change from falling disproportionately on these communities, the injustice of uneven urban tree canopy distribution must be addressed. However, a large-scale increase in tree canopy will require significant amounts of water, a precious resource in an arid climate. This paper seeks to explore the water required to establish a more equitable tree canopy in Los Angeles and the associated impacts of sourcing that water. This study also looks to the sustainability goals laid out in the LA Green New Deal to understand how existing city policy directs the development of urban canopy and the sourcing of city water.

Resumen

El calor extremo como resultado del cambio climático ya se siente en Los Ángeles y solo aumentará a lo largo del siglo. No todos los residentes de Los Ángeles sienten estos efectos por igual. Las áreas sombreadas brindan un valioso alivio del calor, pero la sombra proporcionada por los árboles de las calles se ha concentrado históricamente en ciertas comunidades y se ha excluido de otras. Para crear un futuro justo frente al cambio climático, todas las comunidades deben tener los recursos para mantener condiciones habitables, incluidos los árboles de sombra. Establecer la cantidad de árboles necesarios para construir un dosel de árboles equitativo para la ciudad requiere otro recurso escaso: el agua. Este documento analiza la cantidad de agua y los impactos asociados que se requieren para establecer un dosel de árboles equitativo en Los Ángeles a través de una lente de justicia distributiva. Llego a la conclusión de que, desde el punto de vista del agua, los beneficios de un aumento del dosel arbóreo superan los costos energéticos, financieros y de suministro necesarios para lograr este dosel arbóreo más equitativo.

Introducción

Los Ángeles siempre ha atraído a la gente con su sol todo el año y su clima cálido. Sin embargo, ante el cambio climático y el desarrollo urbano, el famoso clima agradable de la ciudad se acerca cada vez más al calor extremo mortal. Para adaptarse a temperaturas más altas, la ciudad debe encontrar formas de mantenerse fresca. Uno de estos mecanismos es el aumento de la cubierta forestal urbana. Los árboles de las calles dan sombra y reducen la temperatura del ambiente, lo que puede ayudar a refrescar las temperaturas en la ciudad. Históricamente, los árboles se han concentrado en las zonas de la ciudad con mayor riqueza y son especialmente escasos en las comunidades de bajos ingresos y de color. Para evitar que las consecuencias del cambio climático recaigan de forma desproporcionada sobre estas comunidades, es necesario abordar la injusticia que supone la distribución desigual de las copas de los árboles urbanos. Sin embargo, un aumento a gran escala del dosel de árboles requerirá cantidades significativas de agua, un recurso precioso en un clima árido. Este documento trata de analizar el agua necesaria para

Background

Los Angeles Ecology

Los Angeles has a Mediterranean climate, characterized by cool, wet winters and hot, dry summers. The region is arid, with only about 38 centimeters of rainfall each year, almost entirely in the winter. The original ecosystem of the Los Angeles basin was likely chaparral or oak savannas, with riparian ecosystems along rivers and wetlands along the coast. Due to development, little of the natural ecosystem remained by the early 1900s. The current urban forest is almost entirely human-planted, composed of a mix of native and non-native trees (Pincetl 2010, 228-229).

Climate Change Impacts

Los Angeles is already suffering the effects of climate change, and these symptoms are only expected to intensify. Extreme heat is one major concern. According to the Los Angeles Regional Report of California's Fourth Climate Change Assessment, average temperatures in Los Angeles are expected to increase between 4°F and 5°F by the middle of the century. Furthermore, the hottest days of the year are projected to be up to 10°F warmer, and the number of extremely hot days is likely to increase (Hall et al. 2018, 21). Extreme heat is detrimental to public health because it causes five times more deaths per year than floods, storms, and lightning combined (Berko, Ingram, Saha, and Parker 2014, 4). In addition to causing direct illnesses such as heat stroke, extreme heat can exacerbate a wide variety of medical conditions including kidney disease, diabetes, and heart disease (Knowlton et al. 2009, 64). Future heat waves are expected to dramatically increase emergency room visits, hospitalizations, and deaths. The built environment further compounds the impacts of hotter temperatures by creating an Urban Heat Island (UHI) effect. Dark impervious surfaces absorb sunlight, which can increase temperatures by more than 5°F compared to surrounding areas (Taha 2015, 172). The UHI is especially pronounced in LA because it is such an expansive urbanized area.

Tree Canopy Effects

Urban tree canopy can combat extreme heat by cooling the surrounding environment both through providing shade and through transpiration cooling.¹ Tree canopy can cool surrounding air temperatures by up to 9°F, and shaded surfaces can be between 20°F and 45°F cooler compared to unshaded surfaces (Mao 2021, 8). This cooling is important to human health

establecer un dosel arbóreo más equitativo en Los Ángeles y los impactos asociados a la obtención de esa agua. Este estudio también tiene en cuenta los objetivos de sostenibilidad establecidos en el Green New Deal de Los Ángeles para entender cómo la política municipal existente dirige el desarrollo de la cubierta urbana y el abastecimiento de agua de la ciudad.

Antecedentes

Ecología de Los Ángeles

Los Ángeles tiene un clima mediterráneo, caracterizado por inviernos frescos y húmedos, veranos calurosos y secos. La región es árida, con solo unos 38 centímetros de lluvia cada año, casi en su totalidad en invierno. El ecosistema original de la cuenca de Los Ángeles era probablemente sabanas de chaparral o roble, con ecosistemas ribereños a lo largo de los ríos y humedales a lo largo de la costa. Debido al desarrollo, a principios del siglo XX quedaba poco del ecosistema natural. El bosque urbano actual está casi enteramente plantado por humanos, compuesto por una mezcla de árboles nativos y no nativos (Pincetl 2010, 228-229).

Impactos del cambio climático

Los Ángeles ya está sufriendo los efectos del cambio climático, y se espera que estos síntomas sólo se intensifiquen. El calor extremo es una de las principales preocupaciones. Según el Informe Regional de Los Ángeles de la Cuarta Evaluación del Cambio Climático de California, se prevé que las temperaturas medias en Los Ángeles aumenten entre 4°F y 5°F a mediados de siglo. Además, se prevé que los días más calurosos del año sean hasta 10 °F más cálidos, y es probable que aumente el número de días extremadamente calurosos (Hall et al. 2018, 21). El calor extremo es perjudicial para la salud pública porque causa cinco veces más muertes al año que las inundaciones, las tormentas y los rayos juntos (Berko, Ingram, Saha y Parker 2014, 4). Además de causar enfermedades directas como la insolación, el calor extremo puede agravar una gran variedad de afecciones médicas, como las enfermedades renales, la diabetes y las cardiopatías (Knowlton et al. 2009, 64). Se espera que las futuras olas de calor aumenten drásticamente las visitas a urgencias, las hospitalizaciones y las muertes. El entorno construido agrava aún más el impacto de las temperaturas más altas al crear un efecto de isla de calor urbano (UHI). Las superficies oscuras e impermeables absorben la luz solar, lo que puede aumentar las temperaturas en más de un 5°F en comparación con las zonas circundantes (Taha 2015, 172). El UHI es especialmente pronunciado en Los Ángeles por ser una zona urbanizada muy extensa.

¹Transpiration cooling occurs when plants uptake water through their roots and then release it as water vapor through their leaves.

because it can reduce heat-related deaths by up to 25% (Mao 2021, 8). In addition to shading outdoor spaces, trees casting shadows over buildings during the summer can cool indoor temperatures and reduce the need for energy-intensive cooling through air conditioning (McPherson et al., 2008, 35). The energy conserved by increased tree shade can reduce the cost of summer cooling by 10% to 50% (Bureau of Street Services, n.d.).

Inequities

Unfortunately, the benefits of shade trees are not distributed equally. Past injustices in housing policy and infrastructure investments have led neighborhoods with lower median income and higher concentrations of people of color to have lower tree canopy. According to a 2015 study, income is the strongest driver in the uneven distribution of urban tree canopy (Schwarz et al. 2015, 8). An analysis of land cover across the US found that non-hispanic Black residents were 52% more likely to live in heat risk-related landcovers, which have more impervious surfaces and less tree canopy, than non-hispanic White residents (Hesdale, Morello-Frosch, and Cushing 2013, 811). The arid ecology of Los Angeles exacerbates this discrepancy because trees require more resources to establish in this environment and there is less natural growth; therefore, greater neighborhood investment is necessary to establish canopy (Schwarz et al. 2015, 12). These disparities result in a significant discrepancy between the least covered neighborhoods (with 10% tree canopy) and the most (with 36%).

These disparities are not coincidental, but rather a direct result of government policy. Federal redlining characterized neighborhoods with communities of color as declining and hazardous, indicating that they were too risky for investment. This entrenched segregated neighborhoods, concentrating services such as green spaces in wealthy white neighborhoods (Hoffman, Shandas and Pendleton 2020, 10). The highway system was subsequently built through disinvested communities, further limiting opportunities for an urban forest in these areas (CAPA Strategies 2021a, 10). Heightened policing during the War on Drugs further disincentivized adding tree canopy in marginalized communities because it was seen as a barrier to surveillance (CAPA Strategies 2021a, 10). These historic injustices together have resulted in formerly redlined districts facing a higher climate burden, being 4°F hotter today than non-redlined districts (Salabert 2022).

Furthermore, tree canopy in Los Angeles has recently gone through a period of decline. One study found that single-family neighborhoods across LA County

Efectos del dosel arbóreo

Las copas de los árboles urbanos pueden combatir el calor extremo refrescando el ambiente circundante, tanto por la sombra como por la transpiración; pueden enfriar la temperatura del aire circundante hasta en un 9°F, y las superficies con sombra pueden ser entre 20°F y 45°F más frías en comparación con las superficies sin sombra (Mao 2021, 8). Este enfriamiento es importante para la salud humana porque puede reducir las muertes relacionadas con el calor hasta en un 25% (Mao 2021, 8). Además de dar sombra a los espacios exteriores, los árboles que proyectan su sombra sobre los edificios durante el verano pueden refrescar las temperaturas interiores y reducir la necesidad de enfriamiento, que consume mucha energía, mediante el aire acondicionado (McPherson et al., 2008, 35). La energía conservada por el aumento de la sombra de los árboles puede reducir el costo de la refrigeración en verano entre un 10% y un 50% (Bureau of Street Services, s.f.).

Inequidades

Desafortunadamente, los beneficios de los árboles de sombra no se distribuyen por igual. Las injusticias pasadas en la política de vivienda y las inversiones en infraestructura han llevado a los vecindarios con ingresos medios más bajos y concentraciones más altas de personas de color a tener una copa de árboles más baja. Según un estudio de 2015, los ingresos son el factor más importante en la distribución desigual de la copa de los árboles urbanos (Schwarz et al. 2015, 8). Un análisis de la cobertura del suelo en Estados Unidos reveló que los residentes negros no hispanos tenían un 52% más de probabilidades de vivir en terrenos con riesgo de calor, que tienen más superficies impermeables y menos dosel de árboles, que los residentes blancos no hispanos (Hesdale, Morello-Frosch y Cushing 2013, 811). La ecología árida de Los Ángeles agrava esta discrepancia porque los árboles requieren más recursos para establecerse en este entorno y hay menos crecimiento natural; por lo tanto, es necesaria una mayor inversión del vecindario para establecer el dosel (Schwarz et al. 2015, 12). Estas disparidades se traducen en una importante discrepancia entre los barrios menos cubiertos (con un 10% de dosel arbóreo) y los más (con un 36%).

Estas disparidades no son casuales, sino un resultado directo de la política gubernamental. La redlining federal caracterizaba a los barrios con comunidades de color como decadentes y peligrosos, indicando que eran demasiado arriesgados para la inversión. Esto afianzó la segregación de los barrios, concentrando los servicios, como los espacios verdes, en los barrios blancos ricos (Hoffman, Shandas y Pendleton 2020, 10). Posteriormente, el sistema de carreteras se

experienced a 14% to 55% decline in tree canopy between 2000 and 2009 (Lee et al. 2017, 222). This trend was pronounced both in wealthy and low-income neighborhoods, and was attributed to the desire for larger homes and the need for greater density, respectively (Lee et al. 2017, 231). For tree canopy initiatives in underserved areas to succeed, the disproportionate loss of existing canopy in these neighborhoods must also be addressed.

City Policy

Million Trees Los Angeles Initiative

In 2006, the City of Los Angeles embarked on the Million Trees Los Angeles (MTLA) campaign. A report on the initiative by the United States Forest Service found a benefit of around \$2 billion and the potential to plant up to 2.5 million trees (McPherson et al. 2008, 27-30). The initiative was primarily funded through grants and donations, rather than city funds (Pincetl 2010, 235). The planting and maintenance of the trees were carried out by non-profit partners,² who requested permission from residents to plant in residential medians (Pincetl 2010, 234). Permission granted by residents varied by neighborhood based on perceptions of tree canopy's potential to increase crime, distrust in the government, and property ownership (Pincetl, 2010, 235). The non-profits were also tasked with maintaining the trees, though no program funding was established for tree maintenance or watering (Pincetl 2010, 234). About 200,000 trees were ultimately planted as a result of the campaign, though tree planting initiatives continue in LA today.

Adopt-A-Tree.

Since MTLA, the City of Los Angeles partners with the non-profit City Plants to plant trees on public and private property throughout the city. Residents can request up to seven free trees plus two free fruit trees for their yard or neighborhood online (City Plants, n.d.). City Plants will certify the planting location according to city planting guidelines and then deliver and plant the trees for free. The resident is then responsible for watering the tree (City Plants, n.d.).

LA's Green New Deal.

In 2019 the City of Los Angeles published an update to the Sustainability pLAN, also known as LA's Green New Deal, which established targets to mitigate and adapt to climate change equitably. One of the 12 chapters, Urban Ecosystems and Resilience, sets a target of "increas[ing] tree canopy in areas of

construyó a través de comunidades desinvertidas, lo que limitó aún más las oportunidades de un bosque urbano en estas zonas (Estrategias CAPA 2021a, 10). El aumento de la vigilancia policial durante la Guerra contra las Drogas desincentivó aún más la adición de un dosel de árboles en las comunidades marginadas porque se consideraba una barrera para la vigilancia (Estrategias CAPA 2021a, 10). Estas injusticias históricas han dado lugar a que los antiguos distritos "redlined" se enfrenten a una mayor carga climática, siendo hoy en día 4°F más calientes que los distritos no redlined (Salabert 2022).

Además, el dosel arbóreo en Los Ángeles ha pasado recientemente por un periodo de declive. Un estudio descubrió que los vecindarios unifamiliares del condado de Los Ángeles experimentaron una disminución del 14% al 55% de la cubierta forestal entre 2000 y 2009 (Lee et al. 2017, 222). Esta tendencia fue pronunciada tanto en los barrios pudientes como en los de bajos ingresos, y se atribuyó al deseo de viviendas más grandes y a la necesidad de mayor densidad, respectivamente (Lee et al. 2017, 231). Para que las iniciativas de arbolado en las zonas desatendidas tengan éxito, también debe abordarse la pérdida desproporcionada de la cubierta existente en estos barrios.

Política de la ciudad

Iniciativa del millón de árboles de Los Ángeles

En 2006, la ciudad de Los Ángeles se embarcó en la campaña "Un millón de árboles en Los Ángeles" (MTLA). Un informe sobre la iniciativa elaborado por el Servicio Forestal de los Estados Unidos constató un beneficio de unos 2.000 millones de dólares y el potencial de plantar hasta 2,5 millones de árboles (McPherson et al. 2008, 27-30). La iniciativa se financió principalmente con subvenciones y donaciones, y no con fondos municipales (Pincetl 2010, 235). La plantación y el mantenimiento de los árboles corrieron a cargo de sociedades sin ánimo de lucro, que pidieron permiso a los residentes para plantar en las medianas residenciales (Pincetl 2010, 234).

Adopte un árbol

Desde la MTLA, la ciudad de Los Ángeles colabora con la organización sin ánimo de lucro City Plants para plantar árboles en propiedades públicas y privadas de toda la ciudad. Los residentes pueden solicitar en línea hasta siete árboles gratuitos y dos árboles frutales para su patio o barrio (City Plants, s.f.). City Plants certificará el lugar de plantación de acuerdo con las directrices de plantación de la ciudad y, a continuación, entregará y plantará los árboles de forma gratuita. El residente es entonces responsable de regar el árbol (City Plants, s.f.).

²Partners included City Plants, Hollywood Beautification Team, North East Trees, Korean Community Youth and Community Center, Los Angeles Conservation Corps, and TreePeople.

greatest need by at least 50% by 2028 to grow a more equitable urban forest that provides cooling, public health, habitat, energy savings, and other benefits” (Garcetti 2019, 120). One milestone within the target is to plant 90,000 trees by 2021, which is supported by initiatives for the City to plant 20,000 trees annually and leverage state and federal funding to plant an additional 4,000 trees annually (Garcetti 2019, 120). The city is behind on the initial goal of 90,000 trees by 2021, with only around 65,000 trees having been planted as of April 2022 due to delays caused by the COVID-19 pandemic (Salabert 2022).

Another chapter of LA's Green New Deal outlines goals to shift the city to a more local water supply. The pLAN sets a target of “sourc[ing] 70% of LA's water locally and captur[ing] 150,000 acre ft/yr (AFY) of stormwater by 2035” (Garcetti 2019, 46). An important initiative under this target is to reduce LADWP purchases of imported water by 50% by 2025 (Garcetti 2019, 46). Additionally, the pLAN aims to recycle 100% of local water supply by 2035, including an initiative to increase non-potable reuse of recycled water by an additional 6,000 acre-feet (AF) by 2025 and 8,000 AF by 2035 (Garcetti 2019, 47).

Framework

This paper envisions the theme of just futures through an environmental justice (EJ) framework. While the field has grown in complexity over time, environmental justice is based on the idea that all people are entitled to the same degree of environmental benefits, protection, and involvement in the environmental decision-making process, regardless of race or income (Holifield 2001, 81). This definition addresses the need for equity in the distribution of benefits, protections, and participation in the decision-making process. However, environmental justice also encompasses elements such as the recognition of the diversity of participants and the capabilities of communities (Schlosberg 2012, 449-453). Recognizing the people who will be impacted, and their cultures, is integral for enabling meaningful participation in the decision-making process. Understanding how environmental degradation impacts community capabilities, such as physical health, emotional health, and social networks, is also vital to ensuring that the distribution of environmental services reflects the needs of the community (Schlosberg 2012, 452).

Environmental justice is not only a movement, or field of study, but a guiding principle in policy. LA's Green New Deal sets out to achieve environmental justice through “an inclusive economy, producing results at a community level, guided by the communities themselves” (Garcetti 2019, 8). This policy encompasses justice both in terms of an equitable

LA 's Green New Deal

En 2019, la ciudad de Los Ángeles publicó una actualización del pLAN de sostenibilidad, también conocido como Green New Deal de LA, que establecía objetivos para mitigar y adaptarse al cambio climático de forma equitativa. Uno de los 12 capítulos, Ecosistemas urbanos y resiliencia, establece el objetivo de “aumentar el dosel de árboles en las áreas de mayor necesidad en al menos un 50% para 2028, para hacer crecer un bosque urbano más equitativo que proporcione enfriamiento, salud pública, hábitat, ahorro de energía y otros beneficios” (Garcetti 2019, 120). Un punto clave dentro del objetivo es sembrar 90.000 árboles para 2021, lo que se apoya en iniciativas para que la ciudad plante 20.000 árboles anuales y aproveche la financiación estatal y federal para sembrar otros 4.000 árboles anuales (Garcetti 2019, 120). La ciudad va con retraso respecto al objetivo inicial de 90.000 árboles para 2021, ya que en abril de 2022 solo se habían sembrado unos 65.000 árboles debido a los retrasos causados por la pandemia del COVID-19 (Salabert 2022).

Otro capítulo del Green New Deal de LA esboza los objetivos para cambiar la ciudad hacia un suministro de agua más local. El pLAN establece el objetivo de “abastecer localmente el 70% del agua de LA y capturar 150.000 acres-pies/año (AFY) de aguas pluviales para 2035” (Garcetti 2019, 46). Una iniciativa importante en el marco de este objetivo es reducir las compras de agua importada del LADWP en un 50% para 2025 (Garcetti 2019, 46). Además, el pLAN pretende reciclar el 100% del suministro de agua local para 2035, incluyendo una iniciativa para aumentar la reutilización no potable del agua reciclada en 6.000 acres-pies (AF) adicionales para 2025 y 8.000 AF para 2035 (Garcetti 2019, 47).

Marco de trabajo

Este documento contempla el tema de futuros justos a través de un marco de justicia ambiental (EJ). Aunque el campo ha crecido en complejidad a lo largo del tiempo, la justicia ambiental se basa en la idea de que todas las personas tienen derecho al mismo grado de beneficios ambientales, protección y participación en el proceso de toma de decisiones ambientales, independientemente de la raza o los ingresos (Holifield 2001, 81).

Esta definición aborda la necesidad de equidad en la distribución de los beneficios, las protecciones y la participación en el proceso de toma de decisiones. Sin embargo, la justicia ambiental también abarca elementos como el reconocimiento de la diversidad de los participantes y las capacidades de las comunidades (Schlosberg 2012, 449-453). Reconocer a las personas que se verán afectadas y sus culturas

distribution of benefits and participation in decision-making processes, but does not explicitly mention community recognition or capabilities. This paper is primarily framed around equitable distribution, as it focuses on the spatial distribution of extreme heat protection afforded by tree canopy.

This study also touches upon equitable participation in discussing the barriers to access of current tree planting programs. Conducted at the scale of city council districts, the analysis does not attempt to recognize the individual communities that will be impacted, nor does it interrogate what level of tree canopy is necessary for communities to perform functioning capabilities. While incomplete, these two lenses were chosen due to the scope and scale of the research question.

Methodology

Equitable Tree Canopy Definition

To establish an equitable canopy, a metric for measuring canopy equity must be outlined. For this analysis two definitions of “Equitable Tree Canopy” will be employed:

- **LA’s Green New Deal (GND):** A 50% increase from existing canopy in council districts with below-average existing canopy.
- **Average Tree Canopy (ATC):** All council districts have at least the baseline average canopy of 21.63%. This is the area of land currently covered by tree canopy in the City of Los Angeles at time of writing.

The first definition reflects the official City target in LA’s Green New Deal, described above. Under this definition, some council districts are still left with canopies below the city average. A 50% increase in canopy of neighborhoods with very low existing canopy is still a very low increase. This definition does not fully serve the goal of erasing disparities in tree canopy for the most underserved communities. It is included in this analysis as it is the basis for existing policy.

The second definition instead ensures that all Council Districts have a minimum level of canopy cover, concentrating new trees in the districts with the least existing canopy. While the average canopy will change over time, using this metric establishes a baseline condition with the intended outcome of evening out current disparities. The metric does not, however, examine what level of tree canopy is desired. Determining desired canopy is a larger socio-ecological conversation, but alternatives could include the American Forest Service’s recommendation for arid climates of 25%, or the calculated “market potential” for tree canopy in LA based on plantable

es fundamental para permitir una participación significativa en el proceso de toma de decisiones. Comprender cómo la degradación ambiental afecta a las capacidades de la comunidad, como la salud física, la salud emocional y las redes sociales, también es vital para garantizar que la distribución de los servicios ambientales refleje las necesidades de la comunidad (Schlosberg 2012, 452).

La justicia ambiental no es solo un movimiento o campo de estudio, sino un principio rector en la política. El Green New Deal de Los Ángeles se propone lograr la justicia ambiental a través de “una economía inclusiva, que produce resultados a nivel comunitario, guiada por las propias comunidades” (Garcetti 2019, 8). Esta política abarca la justicia tanto en términos de una distribución equitativa de beneficios como de participación en los procesos de toma de decisiones, pero no menciona explícitamente el reconocimiento o las capacidades de la comunidad.

Este documento se enmarca principalmente en torno a la distribución equitativa, ya que se centra en la distribución espacial de la protección contra el calor extremo que ofrecen las copas de los árboles. Este estudio también toca el tema de la participación equitativa al discutir las barreras de acceso a los programas actuales de plantación de árboles. Realizado a escala de los distritos del ayuntamiento, el análisis no intenta reconocer las comunidades individuales que se verán afectadas, ni cuestiona qué nivel de dosel arbóreo es necesario para que las comunidades desempeñen sus capacidades de funcionamiento. Aunque incompletos, estos dos objetivos se eligieron debido al alcance y la escala de la pregunta de investigación.

Metodología

Definición de dosel arbóreo equitativo

Para establecer un dosel equitativo, es necesario esbozar una métrica para medir la equidad de este. Para el análisis se emplearán dos definiciones de “Dosel Arbóreo Equitativo”:

- **Green New Deal (GND) de LA:** Un aumento del 50% de la copa existente en los distritos municipales con una copa existente inferior a la media.
- **Dosel arbóreo medio (ATC):** Todos los distritos del consejo tienen al menos el dosel medio de referencia del 21,63%. Esta es la superficie de terreno actualmente cubierta por el dosel de árboles en la ciudad de Los Ángeles en el momento de la redacción.

La primera definición refleja el objetivo oficial de la ciudad en el Green New Deal de LA, descrito anteriormente. Con esta definición, algunos distritos

space of 27% (McPherson et al. 2008, 28). While neither the GND nor the ACT metric fully captures environmental justice, they are useful as a basis for empirically evaluating the water impacts of increasing tree canopy and for comparing how policy definitions of tree equity shape these impacts.

In terms of scale, council districts were chosen as the unit of analysis because they are small enough to understand spatial discrepancies within the city, but large enough to perform a city-wide analysis within the scope of this study. As with any aggregate data, some nuance is lost. Districts are not spatially homogeneous, and within districts of overall high tree canopy exist neighborhoods deficient in canopy.

Tree Calculations

In order to calculate the number of trees needed to achieve each equity goal, I gathered data on the existing tree canopy in each council district using the Los Angeles Tree Canopy Map Viewer (Jia 2018). Using this data set, I identified which council districts had tree canopy below the city average. For these districts, I calculated what increase in canopy would be needed to achieve the goals defined above. For the GND goal, I multiplied the existing tree canopy by 0.5 to get the canopy increase. For the ATC goal, I subtracted the existing canopy from the average canopy.

As water demand is a function of the number of trees rather than tree canopy, I converted these canopy percentages to units in area in square feet. To do so, I gathered data on the area for each council district and multiplied the increase in canopy percentage by the district area in order to get units of canopy square footage. The average diameter of mature urban trees is 16.4 feet, according to field studies (McPherson et al. 2008, 9). Using this standard, each tree has a canopy area of 211 square feet, based on the area of a circle formula $A=\pi r^2$. Therefore, to determine the total number of trees required, I divided the area of canopy coverage required to reach each goal, by the area of a standard mature tree (see Table 2 for full calculations).

Water Sources and Impacts

The sources of water used to irrigate the trees also have important justice implications. Different sources of water vary in cost, contributing to the retail cost of water, and thus the expense on behalf of the residents to water a growing tree canopy. Additionally, some water sources have higher energy impacts than others, contributing to climate change, and thus the unequal impacts of climate change. Finally, imported water has environmental justice implications in the burden it creates for the communities local to or downstream of the water source that is being diverted.

del ayuntamiento siguen teniendo un dosel de árboles por debajo de la media de la ciudad. Un aumento del 50% de doseles arbóreos en los barrios con muy pocas copas existentes sigue siendo un aumento muy bajo. Esta definición no cumple plenamente el objetivo de eliminar las disparidades en los doseles de árboles para las comunidades más desatendidas. Se incluye en este análisis porque es la base de la política existente.

La segunda definición, en cambio, garantiza que todos los distritos del Consejo tengan un nivel mínimo de cobertura de dosel, concentrando los nuevos árboles en los distritos con menos dosel existente. Aunque el promedio de la cubierta cambiará con el tiempo, el uso de esta métrica establece una condición de referencia con el resultado previsto de igualar las disparidades actuales. Sin embargo, la métrica no examina qué nivel de dosel arbóreo se desea. Determinar el dosel deseado es una conversación socio-ecológica más amplia, pero las alternativas podrían incluir la recomendación del Servicio Forestal Americano para climas áridos del 25%, o el “potencial de mercado” calculado para el dosel de árboles en LA basado en el espacio plantable del 27% (McPherson et al. 2008, 28). Aunque ni el GND ni la métrica ACT captan plenamente la justicia ambiental, son útiles como base para evaluar empíricamente los impactos en el agua del aumento del dosel de árboles y para comparar cómo las definiciones políticas de la equidad de los árboles dan forma a estos impactos.

En términos de escala, se eligieron los distritos municipales como unidad de análisis porque son lo suficientemente pequeños como para comprender las discrepancias espaciales dentro de la ciudad, pero lo suficientemente grandes como para realizar un análisis de toda la ciudad dentro del ámbito de este estudio. Como ocurre con cualquiera de los datos agregados, se pierden algunos matices. Los distritos no son espacialmente homogéneos, y dentro de los distritos con un dosel arbóreo general elevado existen barrios con un dosel deficiente.

Cálculos de los árboles

Para calcular el número de árboles necesarios para lograr cada objetivo de equidad, reuní datos sobre el dosel de árboles existente en cada distrito del consejo utilizando el visor de mapas de dosel de árboles de Los Ángeles (Jia 2018). Utilizando este conjunto de datos, identifiqué qué distritos del consejo tenían un dosel de árboles por debajo del promedio de la ciudad. Para estos distritos, calculé qué aumento de dosel sería necesario para lograr los objetivos definidos anteriormente. Para el objetivo de GND, multipliqué el dosel de árboles existente por 0,5 para obtener el aumento del dosel. Para el objetivo del ATC, he restado

While not the primary focus of this study, water source is an important consideration in the creation of an environmentally just future.

To calculate water requirements, I referred to the tree care best management practices, which are to water a young tree 15 gallons per week for three years until the tree is established (McPherson et al. 2000, 32). These are the instructions given to all residents who request a tree through the Adopt-a-Tree program, regardless of species (City Plants, n.d.). This amounts to approximately 2,340 gallons of water per tree:

$$15 \text{ gallons/week} * 52 \text{ weeks/year} * 3 \text{ years} = 2,340 \text{ gallons}$$

The impacts of this water demand were assessed based on the city's mix of water sources: imported water, groundwater, recycled water, and stormwater.

Imported Water: Imported water is water brought into Los Angeles from afar through aqueducts. Importing water can have significant impacts on the communities the water is being imported from. The City of LA currently imports water from three sources:

- **LA Aqueduct:** The LA Aqueduct carries water from the Owens Valley in the Eastern Sierras. The Aqueduct is mostly gravity powered and therefore highly energy efficient. However, overextraction of water from the Owens Valley has led to profound ecological and human health implications in the region (Ashoori, Dzombak, and Small 2015, 2-3).
- **Colorado River Aqueduct (CRA):** The Colorado River Aqueduct carries water from the Colorado River, which flows along California's eastern border with Arizona, to the Southern California metropolitan area. The water of the Colorado River is shared by seven states; however, increased demand upstream and lower water levels are leading to disputes over water rights (Ashoori, Dzombak, and Small 2015, 3-4).
- **California Aqueduct:** The California Aqueduct is a part of the State Water Project and brings water from the San Joaquin Delta to Southern California. The amount of water permitted to be pumped through the SWP has been reduced to improve the Delta ecology. To reach Los Angeles, the water must be pumped over the Tehachapi Mountains, which is energy-intensive (Ashoori, Dzombak, and Small 2015, 4-5).

Local Water: Local water, for the purposes of this paper, is water sourced from within the City of Los Angeles or the immediate surrounding areas. It consists of the following sources:

- **Groundwater:** Groundwater is water stored

la cubierta existente de la cubierta media.

Como la demanda de agua está en función del número de árboles y no de la copa, he convertido estos porcentajes de copa en unidades de superficie en pies cuadrados. Para ello, reuní datos sobre la superficie de cada distrito municipal y multipliqué el aumento del porcentaje de copas por la superficie del distrito para obtener unidades de pies cuadrados de copas. El diámetro medio de los árboles urbanos maduros es de 16,4 pies, según estudios de campo (McPherson et al. 2008, 9). Utilizando este estándar, cada árbol tiene un área de dosel de 211 pies cuadrados, basándose en la fórmula del área de un círculo $A=\pi r^2$.

Por lo tanto, para determinar el número total de árboles necesarios, dividí el área de cobertura de dosel requerida para alcanzar cada objetivo, por el área de un árbol maduro estándar (véase la Tabla 2 para los cálculos completos).

Fuentes de agua e impactos

Las fuentes de agua utilizadas para regar los árboles también tienen importantes implicaciones de justicia. Las diferentes fuentes de agua varían en costo, lo que contribuye al costo minorista del agua y, por lo tanto, al gasto en nombre de los residentes para regar un dosel de árboles en crecimiento. Además, algunas fuentes de agua tienen mayores impactos energéticos que otras, lo que contribuye al cambio climático y, por lo tanto, a los impactos desiguales del cambio climático. Por último, el agua importada tiene implicaciones de justicia medioambiental por la carga que supone para las comunidades locales río abajo de la fuente de agua que se desvía. Aunque no es el objetivo principal de este estudio, la fuente de agua es una consideración importante en la creación de un futuro ambientalmente justo.

Para calcular las necesidades de agua, me referí a las mejores prácticas de gestión para el cuidado de los árboles, que consisten en regar un árbol joven con 15 galones por semana durante tres años hasta que el árbol esté establecido (McPherson et al. 2000, 32). Estas son las instrucciones que se dan a todos los residentes que solicitan un árbol a través del programa "Adopta un árbol", independientemente de la especie (City Plants, s.f.). Esto supone aproximadamente 2.340 galones de agua por árbol:

$$15 \text{ galones/semana} * 52 \text{ semanas/año} * 3 \text{ años} = 2.340 \text{ galones}$$

Los impactos de esta demanda de agua se evaluaron basándose en la combinación de fuentes de agua de la ciudad: agua importada, agua subterránea, agua reciclada y aguas pluviales.

in underground aquifers. Groundwater contamination in recent years has limited the capacity to pump groundwater (Sanders 2016, 365). To prevent overextraction, groundwater management agencies regulate how much water can be pumped from each basin.

- **Recycled Water:** Recycled water is water used and then treated before being used again. There are four water reclamation plants in Los Angeles. However, only water from one is currently being recycled and is only employed for non-potable uses, such as irrigation or groundwater recharge (Ashoori, Dzombak, and Small 2015, 5).
- **Stormwater:** Stormwater is water captured after rainfall events. It is not currently used as a source of water in LA; however, it has the potential to be directly captured and reused or used to recharge groundwater (Sanders 2016, 368).

Agua importada: El agua importada es el agua traída a Los Ángeles desde lejos a través de acueductos. La importación de agua puede tener un impacto significativo en las comunidades de donde se importa el agua. Actualmente, la ciudad de Los Ángeles importa agua de tres fuentes:

- **Acueducto de Los Ángeles:** El acueducto de Los Ángeles transporta el agua desde el valle de Owens, en las Sierras Orientales. El acueducto funciona en su mayor parte por gravedad y, por tanto, es muy eficiente desde el punto de vista energético. Sin embargo, la sobreextracción de agua del valle de Owens ha provocado profundas implicaciones ecológicas y para la salud humana en la región (Ashoori, Dzombak y Small 2015, 2-3).
- **Acueducto del Río Colorado (CRA):** El Acueducto del Río Colorado transporta el agua del río Colorado, que fluye a lo largo de la frontera oriental de California con

Table 1. Water Supply Sources and Impacts

Source	Current Supply (%)	Current Supply (AF)	2035 Projected Supply (%)	2035 Projected Supply (AF)	Energy Intensity (kWh/AF)	Cost (\$/AF)
LA Aqueduct	38%	170,262	20%	91,000	0	\$775
Colorado River	8%	35,844	0%	0	2,000	\$942
State Water Project	41%	183,704	7.5%	35,000	4,110; 4,520	
Ground Water	11%	49,286	25%	114,100	580	\$340
Recycled Water	2%	8,961	35%	161,400	1,150	\$355– \$1,050
Stormwater	0%	0	12.5%	58,000	174	\$200
Total	100%	448,058	100%	459,500		

Table 1. Current Supply (%) - Los Angeles Department of Water and Power. 2020. "Urban Water Management Plan." <https://www.ladwp.com/cs/groups/ladwp/documents/pdf/mdaw/nzyy/-edisp/opladwpcbb762836.pdf>; 2034 Projected Supply (%) and Energy Intensity (kWh/AF) - Mika, Katie, Elizabeth Gallo, Erik Porse, Terri Hogue, Stephanie Pincetl, and Mark Gold. 2018. "LA Sustainable Water Project: Los Angeles City-Wide Overview," February. <https://scholarship.org/uc/item/4tp3x8g4>; Cost (\$/AF)- Porse, Erik, Kathryn B. Mika, Elizaveta Litvak, Kimberly F. Manago, Terri S. Hogue, Mark Gold, Diane E. Pataki, and Stephanie Pincetl. 2018. "The Economic Value of Local Water Supplies in Los Angeles." *Nature Sustainability* 1 (6): 289–97. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0068-2>.

Tabla 1. Fuentes de suministro de agua e impactos- Fuentes: Suministro actual (%) - Los Angeles Department of Water and Power. 2020. "Urban Water Management Plan." <https://www.ladwp.com/cs/groups/ladwp/documents/pdf/mdaw/nzyy/-edisp/opladwpcbb762836.pdf>; 2034 Projected Supply (%) and Energy Intensity (kWh/AF) - Mika, Katie, Elizabeth Gallo, Erik Porse, Terri Hogue, Stephanie Pincetl, and Mark Gold. 2018. "LA Sustainable Water Project: Los Angeles City-Wide Overview," February. <https://scholarship.org/uc/item/4tp3x8g4>; Cost (\$/AF)- Porse, Erik, Kathryn B. Mika, Elizaveta Litvak, Kimberly F. Manago, Terri S. Hogue, Mark Gold, Diane E. Pataki, and Stephanie Pincetl. 2018. "The Economic Value of Local Water Supplies in Los Angeles." *Nature Sustainability* 1 (6): 289–97. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0068-2>.

Two scenarios for the water supply were examined:

1. **Current Supply:** The existing mix of water procured by LADWP as laid out in the 2020 Urban Water Management Plan.
2. **Projected Supply:** A feasible way to source at least 70% local water by 2035, as laid out in the LA Sustainable Water Project report, under the WS 2035 (Max) scenario.

Arizona, hasta el área metropolitana del sur de California. El agua del río Colorado es compartida por siete estados; sin embargo, el aumento de la demanda río arriba y el descenso de los niveles de agua están provocando disputas por los derechos de agua (Ashoori, Dzombak y Small 2015, 3-4).

- **Acueducto de California:** El Acueducto de

Table 2. Tree Canopy Cover Calculations

Council District	Area (sq. mi)	Existing Canopy (%)	GND Canopy Increase (%)	GND Canopy Increase (sq. ft)	GND Tree Increase	ATC Increase (%)	ATC Increase (sq. ft)	ATC Tree Increase
1	13.96	20.36%	10%	39,618,774.84	187,648	1.27%	4,942,617.29	23,410
2	50.44	24.99%						
3	41.52	25.61%						
4	30.11	36.66%						
5	47.52	35.20%						
6	24.33	15.68%	8%	53,177,267.40	251,865	5.95%	40,357,747.58	191,148
7	28.78	25.16%						
8	17.9	12.20%	6%	30,440,424.96	144,176	9.43%	47,057,902.85	222,882
9	14.7	11.71%	6%	23,994,520.70	113,646	9.92%	40,653,398.02	192,548
10	13.59	15.46%	8%	29,286,454.35	138,711	6.17%	23,376,122.04	110,717
11	64.72	36.43%						
12	62.28	20.59%	10%	178,748,662.12	846,614	1.04%	18,057,174.22	85,525
13	13.13	18.56%	9%	33,968,826.78	160,888	3.07%	11,237,532.13	53,225
14	22.95	15.80%	8%	50,544,933.12	239,398	5.83%	37,300,881.02	176,670
15	38.51	10.03%	5%	53,840,898.78	255,009	11.60%	124,537,273.34	589,851
Total	484.46			493,620,763.05	2,337,955		347,520,648.50	1,645,975

Table 2 Sources: Area (sq. mi) - Los Angeles Homeless Services Authority. 2009. "City of Los Angeles Council Districts." <http://documents.lahsa.org/planning/homelesscount/2009/CityofLA-CouncilDistricts.pdf>; Existing canopy (%) - Jia, Shenyue. 2021.

"Los Angeles County Tree Canopy Map Viewer." TreePeople and Center for Urban Resilience. <https://www.treepeople.org/los-angeles-county-tree-canopy-map-viewer>

Notes: Only data on canopy increase for city council districts with existing tree canopy below the current average of 21.5% are included, as these are the only districts in which increased tree canopy is proposed. Source: Jia 2021.

Findings

Under the definition of equitable tree canopy adopted by LA's Green New Deal (GND), it will take 16,790 AF of water to increase tree canopy, compared to 11,820 AF under the Average Tree Canopy (ATC) definition. This results in an almost 5,000 AF increase in water required for the GND definition compared to the ATC definition (see Appendix A for calculations).

Energy & Emissions Impacts

The energy impacts of supplying enough water to establish an equitable tree canopy using the current water supply are 34 GWh and 24 GWh, equal to the electricity use of 2,862 or 2,020 homes for a year, for the GND and ATC scenarios respectively (EPA 2015). Using local water supply would decrease the energy intensity of the water demand to between 15 GWh and 11 GWh, the equivalent of powering between 1,263 and

Tabla 2. Cálculos de la cubierta del dosel de los árboles

Fuente: Area (sq. mi) - Los Angeles Homeless Services Authority. 2009. "City of Los Angeles Council Districts." <http://documents.lahsa.org/planning/homelesscount/2009/CityofLA-CouncilDistricts.pdf>; Existing canopy (%) - Jia, Shenyue. 2021. "Los Angeles County Tree Canopy Map Viewer." TreePeople and Center for Urban Resilience. <https://www.treepeople.org/los-angeles-county-tree-canopy-map-viewer>

Notas: Solo se incluyen datos sobre el aumento de la copa de los distritos municipales con copa de árboles existente por debajo del promedio actual del 21,5 %, ya que estos son los únicos distritos en los que se propone un aumento de la copa de árboles. Fuente: Jia 2021.

California forma parte del Proyecto Estatal de Agua y lleva el agua del Delta de San Joaquín al sur de California. La cantidad de agua que se permite bombear a través del SWP se ha reducido para mejorar la ecología del Delta Para llegar a Los Ángeles, el agua debe bombearse por las montañas de Tehachapi, lo que supone un gran consumo de energía (Ashoori, Dzombak y Small 2015, 4-5).

Agua local: El agua local, a efectos de este documento, es el agua procedente de la ciudad de Los Ángeles o de las zonas circundantes. Se compone de las siguientes fuentes:

- **Aguas subterráneas:** El agua subterránea es el agua almacenada en los acuíferos

926 homes for a year, saving over 1,000 homes' worth of annual electricity (EPA 2015).

The energy usage in supplying water for irrigation would be more than offset by the energy saved by reduced summer cooling. Every degree increase in temperature corresponds to about a 500,000 kW increase in energy use (Akbari 2005, 2). Air conditioning on hot days is typically used between 12 p.m. and 6 p.m., and there are projected to be 1,748 cooling degree days per year on average at mid-century under a high emissions scenario (Cal Adapt 2018). Using a conservative 10% energy savings resulting from tree canopy saved, the total energy saved is 534 GW. Therefore, the benefits of energy savings, under any scenario studied, far outweigh the energy burden of supplying irrigation water. The carbon used in sourcing the water used in irrigation is negligible (<1%) compared to the carbon sequestered by the trees (EPA 2015).

Cost Impacts

The cost of irrigating the new trees, using the wholesale cost of water, is between \$7 million and \$13.5 million. The irrigation costs of tree planting are typically only a tiny fraction (~2%) of the total cost, and so these costs are not representative of the financial investment to establish an equitable canopy (Kunsch 2021, 13-14). There is considerable range within this estimate, as the least expensive scenario, ATC using local water, is 48% cheaper than the most expensive scenario, GND using the current water supply. That is equivalent to savings of over \$6 million. The choice of definition and water supply are significant factors in determining the cost of irrigation.

The cost per tree using the current retail water price was calculated to determine the cost burden for residents maintaining the street trees outside their homes. The cost burden came out to almost \$30 over the life cycle of the tree, or about \$10 dollars per year. While the City of Los Angeles will provide the physical trees for free, the cost of irrigation falls on the residents and should be presented as such, so residents understand the financial commitment. This metric was not calculated under the local water supply scenario because a variety of factors will likely influence future water rates; however, generally the lower predicted wholesale costs may be an indication of lower retail prices.

Supply Impacts

As the overall water supply of the city is not expected to change much between the current water supply scenario and the local water supply scenario, there is little variation in supply proportion between scenarios. All four scenarios account for about 1% of City water

subterráneos. La contaminación de las aguas subterráneas en los últimos años ha limitado la capacidad de bombeo de las mismas (Sanders 2016, 365). Para evitar la sobreextracción, los organismos de gestión de las aguas subterráneas regulan la cantidad de agua que se puede bombear de cada cuenca.

- **Agua reciclada:** El agua reciclada es el agua utilizada y luego tratada antes de ser utilizada de nuevo. Hay cuatro plantas de recuperación de agua en Los Ángeles. Sin embargo, actualmente solo se recicla el agua de una de ellas y solo se emplea para usos no potables, como el riego o la recarga de aguas subterráneas (Ashoori, Dzombak y Small 2015, 5).
- **Aguas pluviales:** Las aguas pluviales son las que se captan tras las precipitaciones. Actualmente no se utiliza como fuente de agua en Los Ángeles; sin embargo, tiene el potencial de ser capturada directamente y reutilizada o utilizada para recargar las aguas subterráneas (Sanders 2016, 368).

Se examinaron dos escenarios para el suministro de agua:

1. **Suministro actual:** La combinación actual de agua adquirida por el LADWP, tal y como se establece en el Plan de Gestión del Agua Urbana 2020.
2. **Suministro proyectado:** Una forma factible de abastecerse de al menos un 70% de agua local para el 2035, tal y como se establece en el informe del Proyecto de Agua Sostenible de Los Ángeles, bajo el escenario WS 2035 (Max).

Hallazgos

Según la definición de dosel de árboles equitativo adoptada por Green New Deal (GND) de Los Ángeles, se necesitarán 16 790 AF de agua para aumentar el dosel de los árboles, en comparación con 11 820 AF según la definición de copa de árbol promedio (ATC). Esto da como resultado un aumento de casi 5000 AF en el agua requerida para la definición GND en comparación con la definición ATC (consulte el Apéndice A para los cálculos).

Impactos energéticos y de emisiones

Los impactos energéticos de suministrar suficiente agua para establecer un dosel arbóreo equitativo utilizando el suministro de agua actual son de 34 GWh y 24 GWh, lo que equivale al uso de electricidad de 2.862 o 2.020 hogares durante un año, para los escenarios GND y ATC respectivamente (EPA 2015). El uso del suministro de agua local disminuiría la intensidad energética de la demanda de agua a entre 15 GWh y 11 GWh, el equivalente a alimentar entre 1.263

supply. Currently, 35.2% of water use in LA is for outdoor watering (LADWP 2020, 2-5). Much of this landscaping water is used to water lawns, which have higher levels of water loss than urban trees (Litvak et al. 2014, 1324). Thus, planting trees has the potential to reduce the amount of water used in landscaping, first by replacing some amount of lawn, and also by shading remaining lawn, which reduces the water demand of turf (Litvak et al., 2014, 1327).

Policy

As discussed above, LA's Green New Deal sets initiatives to plant 90,000 trees by 2021 – as well as 20,000 trees annually – and leverage federal funding for an additional 4,000 trees annually by 2028. This results in 306,000 new trees in total. However, this is only 13% of the number of trees that would need to be planted to reach the overall goal of increasing tree canopy cover by 50% in underserved areas.

In terms of water, the goal of switching 70% of water supply to local sources reduces the impacts of tree irrigation across the board. The energy impacts and cost impacts were both significantly lower under the projected water supply scenarios than the current supply scenario, and the proportion of water supply remained approximately the same.

Recommendations

The results of this study demonstrate that concerns about the water demand of increasing urban canopy are insubstantial. Even a concentrated effort in drastically increasing urban canopy in underserved areas would result in relatively small impacts from irrigation in terms of cost, energy, emissions, and supply. Furthermore, it is likely that increasing tree canopy will have a net positive effect on these criteria, based on the holistic benefits of the tree canopy. Therefore, I recommend pursuing urban tree planting as a climate-resilient approach to urban cooling.

Based on the results of this study, I recommend that the target for the Urban Ecosystems and Resilience as laid out in LA's Green New Deal be amended to set a goal of a minimum percentage of tree canopy across all districts of the city, rather than increasing canopy by 50% in underserved areas. This definition is more equitable because it ensures that the most trees are planted in areas farthest below the goal, unlike the 50% increase goal which still increases tree canopy the most in areas that have higher relative canopy. In light of how past and present tree planting initiatives have lagged behind targets, I recommend using a rounded 22% as the near-term minimum tree canopy in Los Angeles to ensure planting efforts are concentrated in areas currently underserved, rather than increasing canopy in the city as a whole.

y 926 hogares durante un año, ahorrando más de 1.000 hogares de electricidad anual (EPA 2015).

El uso de energía en el suministro de agua para el riego se vería compensado con creces por la energía ahorrada gracias a la reducción del enfriamiento en verano. Cada grado de aumento de la temperatura corresponde a un incremento de unos 500.000 kW en el uso de energía (Akbari 2005, 2). El aire acondicionado en los días calurosos suele utilizarse entre las 12 y las 18 horas, y se prevé que haya 1.748 grados-día de enfriamiento al año de media en un escenario de altas emisiones (Cal Adapt 2018). Utilizando un ahorro de energía conservador del 10% resultante del dosel de árboles ahorrado, la energía total ahorrada es de 534 GW. Por lo tanto, los beneficios del ahorro de energía, en cualquier escenario estudiado, superan con creces la carga energética del suministro de agua de riego.

El carbono utilizado en la obtención del agua de riego es insignificante (<1%) en comparación con el carbono secuestrado por los árboles (EPA 2015).

Impacto en los costos

El costo de regar los nuevos árboles, utilizando el costo mayorista del agua, es de entre 7 y 13,5 millones de dólares. Los costos de riego de la plantación de árboles suelen ser sólo una pequeña fracción (~2%) del costo total, por lo que estos costos no son representativos de la inversión financiera para establecer un dosel equitativo (Kunsch 2021, 13-14). Hay un rango considerable dentro de esta estimación, ya que el escenario menos costoso, el ATC que utiliza agua local, es un 48% más económico que el escenario con más costo, el GND que utiliza el suministro de agua actual. Esto equivale a un ahorro de más de 6 millones de dólares. La elección de la definición y el suministro de agua son factores importantes para determinar el costo del riego.

Se calculó el costo por árbol utilizando el precio minorista actual del agua para determinar la carga de costos para los residentes que mantienen los árboles de las calles fuera de sus hogares. La carga del costo llegó a casi \$30 durante el ciclo de vida del árbol, o alrededor de \$10 dólares por año. Si bien la Ciudad de Los Ángeles proporcionará los árboles físicos de forma gratuita, el costo del riego recae sobre los residentes y debe presentarse como tal, para que los residentes entiendan el compromiso financiero. Esta métrica no se calculó en el escenario de suministro de agua local porque una variedad de factores probablemente influirán en las tarifas de agua futuras; sin embargo, en general, los costos mayoristas previstos más bajos pueden ser una indicación de precios minoristas más bajos.

Additionally, I recommend altering the current street tree planting model, which relies on residents requesting and maintaining trees. This model is inequitable because it places the burden of requesting and watering trees on residents. Relying on residents perpetuates inequality because some communities face more obstacles to requesting trees, such as barriers to information through language, barriers to participation through tenancy, and barriers to trust through perceptions of the government. These hurdles tend to be highest in neighborhoods with low existing canopy. Additionally, the watering cost could pose a burden to individual residents. Instead, the city should compensate residents for this cost, or take over responsibility for maintaining street trees. I recommend the city adopt a tree planting program that is proactive in serving neighborhoods with low canopy and compensates residents for irrigation costs.

This study also demonstrates the considerable benefits of switching to local water supply. As this study relied on projects for city water supply, rather than looking specifically at irrigation water, the results are indicative of the benefits of local water to the city. The local water scenario required half the energy intensity of the current water supply, which could help the city meet energy conservation goals. Additionally, the local water scenario was about 25% cheaper in terms of wholesale prices than the current wholesale water supply, which could save ratepayers money. Furthermore, local water does not create environmental burden for faraway communities. Local water is an important component in an environmentally just future, and I recommend switching city water supply to local sources.

Limitations and Future Research

This study was limited in its ability to calculate the full water impact of trees across their entire life cycles. This study only considers the water used to establish a street tree and does not consider the water needs of the tree in the nursery before it is established, nor the effect of the urban forest on the water table. Street trees only need to be watered for three years because, at that point, their roots should be able to draw local water from the water table. As LA transitions to a more local water supply, groundwater will become an increasingly crucial human water source, and so it will be important to understand how much increasing the urban forest impacts groundwater supply.

Moreover, the study does not account for the feasibility of planting an equitable tree canopy in terms of available suitable land. There is not enough vacant, public land in each council district suitable to plant the number of trees needed to achieve these goals (CAPA

Impactos en el suministro

Como no se espera que el suministro global de agua de la ciudad cambie mucho entre el escenario de suministro de agua actual y el escenario de suministro de agua local, hay poca variación en la proporción de suministro entre los escenarios. Los cuatro escenarios representan aproximadamente el 1% del suministro de agua de la ciudad. Actualmente, el 35,2% del uso del agua en Los Ángeles se destina al riego de exteriores (LADWP 2020, 2-5). Gran parte de esta agua de jardinería se utiliza para regar el césped, que tiene mayores niveles de pérdida de agua que los árboles urbanos (Litvak et al. 2014, 1324). Por lo tanto, la plantación de árboles tiene el potencial de reducir la cantidad de agua utilizada en el paisajismo, en primer lugar mediante la sustitución de una cierta cantidad de césped, y también por la sombra del césped restante, lo que reduce la demanda de agua del césped (Litvak et al., 2014, 1327).

Política

Como ya se ha comentado, el Green New Deal de Los Ángeles establece iniciativas para plantar 90.000 árboles antes de 2021 -así como 20.000 árboles anuales- y aprovechar la financiación federal para otros 4.000 árboles anuales antes de 2028. Esto supone un total de 306.000 árboles nuevos. Sin embargo, esto es solo el 13% del número de árboles que habría que plantar para alcanzar el objetivo general de aumentar la cubierta de árboles en un 50% en las zonas desatendidas.

En términos de agua, el objetivo de cambiar el 70% del suministro de agua a fuentes locales reduce los impactos del riego de árboles en general. Tanto el impacto energético como el de los costos fueron significativamente menores en los escenarios de suministro de agua proyectados que en el escenario de suministro actual, y la proporción de suministro de agua se mantuvo aproximadamente igual.

Recomendaciones

Los resultados de este estudio demuestran que la preocupación por la demanda de agua derivada del aumento de la cubierta urbana es insustancial. Incluso un esfuerzo concentrado en aumentar drásticamente el dosel urbano en las zonas subatendidas tendría un impacto relativamente pequeño del riego en términos de costo, energía, emisiones y suministro. Además, es probable que el aumento del dosel arbóreo tenga un efecto positivo neto sobre estos criterios, basándose en los beneficios holísticos del dosel arbóreo. Por lo tanto, recomiendo la plantación de árboles urbanos como un enfoque resiliente al clima para la refrigeración urbana.

Basándome en los resultados de este estudio,

Strategies 2021b, 15). Therefore, some landscapes will need to be modified before they are fit to plant the number of trees necessary. While these considerations will increase the cost and difficulty of the project, they will not alter the water consumption of achieving an equitable tree canopy and were therefore excluded. Further research is needed to determine the viability of planting the number of trees outlined in this study in each respective council district.

Finally, the water impacts were based on current technologies and do not consider potential innovations or policy changes that could reduce the impact of water for urban irrigation. Water for irrigation does not require the same standard of quality as water for drinking; however, the current water system, for the most part, does not distinguish the two. In the future, leveraging non-potable water sources such as stormwater or greywater could reduce cost and energy intensity requirements of water for irrigation, as well as alleviate concerns about scarcity. Further research should be conducted into the feasibility and impacts of using these water sources to irrigate street trees.

Conclusions

The current tree canopy of Los Angeles is a climate injustice, leaving some communities less protected from the effects of extreme heat. To remedy the situation, between one and three million new trees will have to be planted. While LA's Green New Deal starts to call for more trees to be planted in underserved areas, the initiatives it lays out do not go far enough to meet its stated target, nor to rectify the distributive injustice in canopy coverage. Establishing the trees needed to address these inequities will require between 10,000 and 20,000 AF of water. While this study does not provide a comprehensive cost-benefit analysis, calculations show that the benefits provided by the canopy compensate for the impacts of sourcing this water. The impacts are even smaller when the water is sourced locally, providing a compelling case study for the benefits of switching to primarily local water. Working towards a just future through equitable tree canopy is, overall, beneficial from an irrigation standpoint.

Climate change adaptations do not act in silos, but rather interact with each other in feedback loops. The climate resilience benefits of greater urban canopy depend upon sourcing water sustainably because without water trees cannot grow. At the same time, trees play an important part in the water cycle and can lower landscape water demands. As shown in this analysis, the goal of increasing tree canopy has fewer adverse impacts when coupled with the goal of increasing local water supply. These two goals work

recomiendo que el objetivo de los Ecosistemas Urbanos y la Resiliencia, tal y como se establece en el Green New Deal de Los Ángeles, se modifique para establecer un objetivo de un porcentaje mínimo de dosel de árboles en todos los distritos de la ciudad, en lugar de aumentar el dosel en un 50% en las zonas menos favorecidas. Esta definición es más equitativa porque garantiza que se planten la mayor cantidad de árboles en las zonas más alejadas del objetivo, a diferencia del objetivo de aumento del 50%, que sigue aumentando el dosel arbóreo en mayor medida en las zonas que tienen un dosel relativo más alto. A la luz de cómo las iniciativas de plantación de árboles pasadas y presentes se han quedado atrás respecto a los objetivos, recomiendo utilizar un 22% redondeado como dosel mínimo de árboles a corto plazo en Los Ángeles para garantizar que los esfuerzos de plantación se concentren en las zonas actualmente desatendidas, en lugar de aumentar el dosel en la ciudad en su conjunto.

Además, recomiendo modificar el modelo actual de plantación de árboles en las calles, que depende de que los residentes soliciten y mantengan los árboles. Este modelo no es equitativo porque hace recaer la carga de solicitar y regar los árboles en los residentes. Depender de los residentes perpetúa la desigualdad porque algunas comunidades se enfrentan a más obstáculos para solicitar árboles, como las barreras a la información por el idioma, las barreras a la participación por la tenencia y las barreras a la confianza por la percepción del gobierno. Estos obstáculos tienden a ser mayores en los vecindarios con poca cobertura de árboles. Además, el costo del riego podría suponer una carga para los residentes individuales. En su lugar, la ciudad debería compensar a los residentes por este costo, o asumir la responsabilidad de mantener los árboles de las calles. Recomiendo que la ciudad adopte un programa de plantación de árboles que sea proactivo para atender a los vecindarios con poco dosel y que compense a los residentes por los costos de riego.

Este estudio también demuestra los considerables beneficios de cambiar al suministro de agua local. Como este estudio se basó en proyectos para el suministro de agua de la ciudad, en lugar de considerar específicamente el agua de riego, los resultados son indicativos de los beneficios del agua local para la ciudad. El escenario del agua local requería la mitad de la intensidad energética del actual suministro de agua, lo que podría ayudar a la ciudad a cumplir los objetivos de conservación de energía. Además, el escenario del agua local era un 25% más económico en términos de precios al por mayor que el actual suministro de agua al por mayor, lo que podría ahorrar dinero a los contribuyentes. Además,

synergistically, multiplying benefits. The same can be said for the goals of sustainability and equity. In directing canopy improvements in neighborhoods that need it most and using water that does not impact communities miles away, it is possible to compound climate resilience with social justice to create a just future.

el agua local no supone una carga medioambiental para las comunidades lejanas. El agua local es un componente importante en un futuro ambientalmente justo, y recomiendo cambiar el suministro de agua de la ciudad a fuentes locales.

Limitaciones e investigación futura

Este estudio ha sido limitado en su capacidad para calcular el impacto total del agua de los árboles a lo largo de todo su ciclo de vida. Este estudio sólo tiene en cuenta el agua utilizada para establecer un árbol de calle y no considera las necesidades de agua del árbol en el vivero antes de su establecimiento, ni el efecto del bosque urbano en la capa freática. Los árboles de la calle sólo necesitan ser regados durante tres años porque, en ese momento, sus raíces deberían ser capaces de extraer agua local de la capa freática. A medida que Los Ángeles vaya pasando a un suministro de agua más local, las aguas subterráneas se convertirán en una fuente de agua humana cada vez más crucial, por lo que será importante comprender en qué medida el aumento del bosque urbano afecta al suministro de aguas subterráneas.

Además, el estudio no tiene en cuenta la viabilidad de la plantación de un dosel arbóreo equitativo en términos de terrenos adecuados disponibles. No hay suficientes terrenos públicos vacíos en cada distrito del consejo que sean aptos para plantar el número de árboles necesarios para alcanzar estos objetivos (Estrategias CAPA 2021b, 15). Por lo tanto, habrá que modificar algunos paisajes antes de que sean aptos para plantar el número de árboles necesario. Aunque estas consideraciones aumentarán el costo y la dificultad del proyecto, no alterarán el consumo de agua para lograr una cubierta forestal equitativa y, por tanto, se excluyeron. Es necesario seguir investigando para determinar la viabilidad de plantar el número de árboles indicado en este estudio en cada uno de los distritos municipales.

Por último, los impactos del agua se basaron en las tecnologías actuales y no tienen en cuenta las posibles innovaciones o cambios políticos que podrían reducir el impacto del agua para el riego urbano. El agua para el riego no requiere el mismo nivel de calidad que el agua para beber; sin embargo, el sistema actual de agua, en su mayor parte, no distingue entre ambos. En el futuro, el aprovechamiento de fuentes de agua no potable, como las aguas pluviales o las aguas grises, podría reducir el costo y la intensidad energética del agua para el riego, así como aliviar la preocupación por la escasez. Habría que seguir investigando sobre la viabilidad y las repercusiones del uso de estas fuentes de agua para regar los árboles de las calles.

Conclusiones

El actual dosel de árboles de Los Ángeles es una injusticia climática que deja a algunas comunidades menos protegidas de los efectos del calor extremo. Para remediar la situación, habrá que plantar entre uno y tres millones de árboles nuevos. Aunque el Green New Deal de Los Ángeles demanda que se planten más árboles en las zonas desatendidas, las iniciativas que plantea no van lo suficientemente lejos como para cumplir su objetivo declarado, ni para rectificar la injusticia distributiva en la cobertura de las copas. La plantación de los árboles necesarios para resolver estas desigualdades requerirá entre 10.000 y 20.000 AF de agua. Aunque este estudio no ofrece un análisis exhaustivo de la relación costo-beneficio, los cálculos demuestran que los beneficios proporcionados por la cubierta compensan los impactos de la obtención de esta agua. Los impactos son aún menores cuando el agua se obtiene localmente, lo que proporciona un estudio de caso convincente para los beneficios de cambiar a agua principalmente local. Trabajar por un futuro justo a través de una cubierta forestal equitativa es, en general, beneficioso desde el punto de vista del riego.

Las adaptaciones al cambio climático no actúan en silos, sino que interactúan entre sí en circuitos de retroalimentación. Los beneficios de la resiliencia climática de un mayor dosel urbano dependen del abastecimiento de agua de forma sostenible, ya que sin agua los árboles no pueden crecer. Al mismo tiempo, los árboles desempeñan un papel importante en el ciclo del agua y pueden reducir la demanda de agua del paisaje. Como se muestra en este análisis, el objetivo de aumentar el dosel arbóreo tiene menos impactos adversos cuando se combina con el objetivo de aumentar el suministro de agua local. Estos dos objetivos funcionan de forma sinérgica, multiplicando los beneficios. Lo mismo puede decirse de los objetivos de sostenibilidad y equidad. Al dirigir las mejoras de las copas de los árboles a los barrios que más lo necesitan y al utilizar agua que no repercuta en las comunidades situadas a kilómetros de distancia, es posible combinar la resiliencia climática con la justicia social para crear un futuro justo.

Appendix A: Water Impact Calculations

Total Water

LA's Green New Deal (GND)

2,337,955 Trees * 2,340 Gallons/Tree = 5,470,814,700 Gallons = 16,790 AF

Average Tree Canopy (ATC)

1,645,975 Trees * 2,340 Gallons/Tree = 3,851,581,500 gallons = 11,820 AF

Energy Intensity

Current Supply Weighted Average:

(LA Aqueduct + Colorado River + SWP + Groundwater + Recycled Water)

$0.38 * 0 + 0.08 * 2000 + 0.41 * 4315 + 0.11 * 580 + 0.02 * 1150 = 2042 \text{ kWh/ AF}$

Current GND: $16,790 \text{ AF} * 2042 \text{ kWh/AF} = 33,848,640 \text{ kWh} = 34 \text{ GWh}$

Current ATC: $11,820 \text{ AF} * 2042 \text{ kWh/AF} = 23,829,120 \text{ kWh} = 24 \text{ GWh}$

Projected Supply Weighted Average:

(LA Aqueduct + Colorado River + SWP + Groundwater + Recycled Water + Stormwater)

$0.20 * 0 + 0.00 * 2000 + 0.075 * 4315 + 0.25 * 580 + 0.35 * 1150 + 0.125 * 174 = 893 \text{ kWh/ AF}$

Projected GND: $16,790 \text{ AF} * 893 \text{ kWh/AF} = 14,993,470 \text{ kWh} = 15 \text{ GWh}$

Projected ATC: $11,820 \text{ AF} * 893 \text{ kWh/AF} = 10,555,260 \text{ kWh} = 11 \text{ GWh}$

Summer Cooling Energy Savings:

$500,000 \text{ kW/degree} * 6 \text{ hrs/day} * 0.1 * 1748 \text{ degree days} = 524,400,000 \text{ kWh} = 524 \text{ GW}$

Carbon Emissions:

Water Carbon Emissions

Current GND: $33,848,640 \text{ kWh} * 0.79 \text{ lb CO}_2/\text{kWh} = 26,740,425 \text{ lb CO}_2 = 2.7 * 10^7 \text{ lb CO}_2$

Current ATC: $23,829,120 \text{ kWh} * 0.79 \text{ lb CO}_2/\text{kWh} = 8,825,005 \text{ lb CO}_2 = 1.9 * 10^7 \text{ lb CO}_2$

Tree Carbon Sequestration

GND: $5,630 \text{ ton C/tree} * 2000 \text{ lb/ton} * 44 \text{ lb CO}_2/12 \text{ lb C} * 2,337,955 \text{ trees} = 9.7 * 10^{13} \text{ lb CO}_2$

ATC: $5,630 \text{ ton C/tree} * 2000 \text{ lb/ton} * 44 \text{ lb CO}_2/12 \text{ lb C} * 1,645,975 \text{ trees} = 6.8 * 10^{13} \text{ lb CO}_2$

Cost:

Current Supply Weighted Average

(LA Aqueduct + Colorado River + SWP + Groundwater + Recycled Water)

$0.38 * 775 + 0.08 * 942 + 0.41 * 942 + 0.11 * 340 + 0.02 * 703 = \$808/\text{AF}$

GND: $16,790 \text{ AF} * \$808/\text{AF} = \$13,557,872$

ATC: $11,820 \text{ AF} * \$808/\text{AF} = \$9,545,061$

Projected Supply Weighted Average:

(LA Aqueduct + Colorado River + SWP + Groundwater + Recycled Water + Stormwater)

$0.20 * 775 + 0.00 * 942 + 0.075 * 942 + 0.25 * 340 + 0.35 * 703 + 0.125 * 200 = \$582/\text{AF}$

GND: $16,790 \text{ Acre Feet} * \$581/\text{AF} = \$9,763,000$

ATC: $11,820 \text{ Acre Feet} * \$581/\text{AF} = \$6,874,000$

Each Tree:

$2,340 \text{ gallons} * 100 \text{ cubic feet}/748 \text{ gallons} * \$9.27/100 \text{ cubic feet} = \28.99

*The cost per tree is calculated using the current retail price of water, rather than the wholesale price. The price reflects the 2021 average between the summer and winter costs of Tier Two (efficient drought-resistant outdoor water use) water for multi-family units.

Supply

Proportion of Current Supply

Current GND: $(16,790 \text{ Acre Feet} / 3 \text{ years}) / 448,058 \text{ AF/year} = 1.25\%$

Current ATC: $(11,820 \text{ Acre Feet} / 3 \text{ years}) / 448,058 \text{ AF/year} = 0.88\%$

Proportion of Projected Supply

Projected GND: $16,790 \text{ Acre Feet} / 3 \text{ years} / 459,500 \text{ AF/year} = 1.22\%$

Projected ATC: $11,820 \text{ Acre Feet} / 3 \text{ years} / 459,500 \text{ AF/year} = 0.86\%$

City Policy

$90,000 \text{ trees} + 20,000 \text{ trees/year} * 9 \text{ years} + 4,000 \text{ trees/year} * 9 \text{ years} = 306,000 \text{ trees}$

$306,000 \text{ trees} / 2,337,955 \text{ trees} = 13\% \text{ of goal}$

Apéndice A: Cálculos del impacto del agua**Agua total**

Green New Deal de LA (GND)

 $2.337.955 \text{ árboles} * 2.340 \text{ galones/árbol} = 5.470.814.700 \text{ galones} = 16.790 \text{ AF}$

Dosel medio de árboles (ATC)

 $1.645.975 \text{ árboles} * 2.340 \text{ galones/árbol} = 3.851.581.500 \text{ galones} = 11.820 \text{ AF}$ **Intensidad energética**

Media ponderada del suministro actual:

(Acueducto de LA + Río Colorado + SWP + Agua subterránea + Agua reciclada)

 $0,38 * 0 + 0,08 * 2000 + 0,41 * 4315 + 0,11 * 580 + 0,02 * 1150 = 2042 \text{ kWh/ AF}$ GND actual: $16.790 \text{ AF} * 2042 \text{ kWh/AF} = 33.848.640 \text{ kWh} = 34 \text{ GWh}$ ATC actual: $11.820 \text{ AF} * 2042 \text{ kWh/AF} = 23.829.120 \text{ kWh} = 24 \text{ GWh}$

Promedio ponderado del suministro proyectado:

(Acueducto de LA + Río Colorado + SWP + Agua subterránea + Agua reciclada + Aguas pluviales)

 $0,20 * 0 + 0,00 * 2000 + 0,075 * 4315 + 0,25 * 580 + 0,35 * 1150 + 0,125 * 174 = 893 \text{ kWh/ AF}$ Proyección de GND: $16.790 \text{ AF} * 893 \text{ kWh/AF} = 14.993.470 \text{ kWh} = 15 \text{ GWh}$ ATC proyectado: $11.820 \text{ AF} * 893 \text{ kWh/AF} = 10.555.260 \text{ kWh} = 11 \text{ GWh}$

Ahorro de energía de refrigeración en verano:

 $500.000 \text{ kW/día} * 6 \text{ horas/día} * 0,1 * 1748 \text{ grados-día} = 524.400.000 \text{ kWh} = 524 \text{ GWh}$ **Emisiones de carbono:**

Emisiones de carbono del agua

GND actual: $33.848.640 \text{ kWh} * 0,79 \text{ lb CO}_2/\text{kWh} = 26.740.425 \text{ lb CO}_2 = 2,7 * 10^7 \text{ lb CO}_2$ ATC actual: $23.829.120 \text{ kWh} * 0,79 \text{ lb CO}_2/\text{kWh} = 8.825.005 \text{ lb CO}_2 = 1,9 * 10^7 \text{ lb CO}_2$

Retención de carbono en los árboles

GND: $5.630 \text{ ton C/árbol} * 2000 \text{ lb/ton} * 44 \text{ lb CO}_2/12 \text{ lb C} * 2.337.955 \text{ árboles} = 9,7 * 10^{13} \text{ lb CO}_2$ ATC: $5.630 \text{ ton C/árbol} * 2000 \text{ lb/ton} * 44 \text{ lb CO}_2 / 12 \text{ lb C} * 1.645.975 \text{ árboles} = 6,8 * 10^{13} \text{ lb CO}_2$ **Costo:**

Media ponderada del suministro actual

(Acueducto de LA + Río Colorado + SWP + Agua subterránea + Agua reciclada)

 $0,38 * 775 + 0,08 * 942 + 0,41 * 942 + 0,11 * 340 + 0,02 * 703 = 808 \text{ \$/AF}$ GND: $16.790 \text{ AF} * 808 \text{ \$/AF} = \$13.557.872$ ATC: $11.820 \text{ AF} * \$808/\text{AF} = \$9.545.061$

Promedio ponderado del suministro proyectado:

(Acueducto de LA + Río Colorado + SWP + Agua subterránea + Agua reciclada + Agua pluvial)

 $0,20 * 775 + 0,00 * 942 + 0,075 * 942 + 0,25 * 340 + 0,35 * 703 + 0,125 * 200 = 582 \text{ \$/AF}$ GND: $16.790 \text{ Acre Feet} * \$581/\text{AF} = \$9.763.000$ ATC: $11.820 \text{ Acre Feet} * \$581/\text{AF} = \$6.874.000$ **Cada árbol:** $2.340 \text{ galones} * 100 \text{ pies cúbicos/748 galones} * \$9,27/100 \text{ pies cúbicos} = \$28,99$

*El costo por árbol se ha calculado utilizando el precio actual del agua al por menor, en lugar del precio al por mayor. El precio refleja la media de 2021 entre los costos de verano e invierno del agua de nivel 2 (uso eficiente del agua en exteriores resistente a la sequía) para unidades multifamiliares.

Suministro

Proporción del suministro actual

GND actual: $(16.790 \text{ Acre Feet} / 3 \text{ años}) / 448.058 \text{ AF/año} = 1,25\%$ ATC actual: $(11,820 \text{ Acre Feet} / 3 \text{ años}) / 448,058 \text{ AF/año} = 0.88\%$

Proporción del suministro proyectado

GND proyectado: $16,790 \text{ Acre Feet} / 3 \text{ años} / 459,500 \text{ AF/año} = 1.22\%$ ATC proyectado: $11,820 \text{ Acre Feet} / 3 \text{ años} / 459,500 \text{ AF/año} = 0.86\%$ **Política de la ciudad** $90.000 \text{ árboles} + 20.000 \text{ árboles/año} * 9 \text{ años} + 4.000 \text{ árboles/año} * 9 \text{ años} = 306.000 \text{ árboles}$ $306.000 \text{ árboles} / 2.337.955 \text{ árboles} = 13\% \text{ del objetivo}$

References

- Akbari, Hashem. 2005. "Energy Saving Potentials and Air Quality Benefits of Urban Heat Island Mitigation". United States. <https://www.osti.gov/servlets/purl/860475>.
- Ashoori, Negin, David A. Dzombak, and Mitchell J. Small. 2015. "Sustainability Review of Water-Supply Options in the Los Angeles Region." *Journal of Water Resources Planning and Management* 141 (12): A4015005. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000541](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000541).
- Berko, Jeffrey, Deborah D. Ingram, Shubhayu Saha, and Jennifer D. Parker. 2014. "Deaths Attributed to Heat, Cold, and Other Weather Events in the United States, 2006-2010." *National Health Statistics Reports*, no. 76 (July): 1-15.
- Bureau of Street Services. n.d. "Urban Forestry Division." Accessed November 23, 2021. <https://streetsla.lacity.org/urban-forestry-division>.
- Cal-Adapt. n.d. "Cooling Degree Days and Heating Degree Days." Accessed November 23, 2021. <https://cal-adapt.org/tools/degree-days/>.
- CAPA Strategies. 2021. "Los Angeles Urban Forestry Equity Report." <https://laurbanresearchcenter.org/wp-content/uploads/2021/02/LAUF-Equity-Assement-Report-February-2021.pdf>
- CAPA Strategies. 2021. "Los Angeles Urban Forestry Equity Streets Guidebook." https://www.cityplants.org/wp-content/uploads/2021/05/LA-Urban-Forest_Streets-Guidebook_FINAL_REVISIED.pdf
- City Plants. n.d. "Tree Care." Accessed November 2. <https://www.cityplants.org/tree-care/>
- EPA. 2015. "Greenhouse Gas Equivalencies Calculator." Data and Tools. August 28, 2015. <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>.
- Garcetti, Eric. 2019. "L.A.'s Green New Deal: Sustainable City pLAN." City of Los Angeles. https://plan.lamayor.org/sites/default/files/pLAN_2019_final.pdf
- Hoffman, J. S., Shandas, V., & Pendleton, N. (2020). The Effects of Historical Housing Policies on Resident Exposure to Intra-Urban Heat: A Study of 108 US Urban Areas. *Climate*, 8(1), 12. <https://doi.org/10.3390/cli8010012>
- Holifield, Ryan. 2001. "Defining Environmental Justice and Environmental Racism." *Urban Geography* 22 (1): 78-90. <https://doi.org/10.2747/0272-3638.22.1.78>.
- Hall, Alex, Neil Berg and Katharine Reich. 2018. "Los Angeles Summary Report. California's Fourth Climate Change Assessment." University of California, Los Angeles. Publication number: SUM-CCCA4-2018-007. https://www.energy.ca.gov/sites/default/files/2019-11/Reg%20Report-%20SUM-CCCA4-2018-007%20LosAngeles_ADA.pdf
- Jesdale, Bill M., -Frosch Rachel Morello, and Lara Cushing. 2013. "The Racial/Ethnic Distribution of Heat Risk-Related Land Cover in Relation to Residential Segregation." *Environmental Health Perspectives* 121 (7): 811-17. <https://doi.org/10.1289/ehp.1205919>.
- Knowlton, Kim, Miriam Rotkin-Ellman, Galatea King, Helene G. Margolis, Daniel Smith, Gina Solomon, Roger Trent, and Paul English. 2009. "The 2006 California Heat Wave: Impacts on Hospitalizations and Emergency Department Visits." *Environmental Health Perspectives* 117 (1): 61-67. <https://doi.org/10.1289/ehp.11594>.
- Kunsch, Antonine and Ryan Parks. 2021. "Tree Planting Cost-Benefit Analysis: A Case Study for Urban Forest Equity in Los Angeles." Edited by Yujian Chen and Manny Gonez. TreePeople. <https://www.treepeople.org/wp-content/uploads/2021/07/tree-planting-cost-benefit-analysis-a-case-study-for-urban-forest-equity-in-los-angeles.pdf>
- Jia, Shenyue. 2021. "Los Angeles County Tree Canopy Map Viewer." TreePeople and Center for Urban Resilience. <https://www.treepeople.org/los-angeles-county-tree-canopy-map-viewer/>
- Lee, Su Jin, Travis Longcore, Catherine Rich, and John P. Wilson. 2017. "Increased Home Size and Hardscape Decreases Urban Forest Cover in Los Angeles County's Single-Family Residential Neighborhoods." *Urban Forestry & Urban Greening* 24 (May): 222-35. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.004>.

- Litvak, Elizaveta, Neeta S. Bijoor, and Diane E. Pataki. 2014. "Adding Trees to Irrigated Turfgrass Lawns May Be a Water-Saving Measure in Semi-Arid Environments." *Ecohydrology* 7 (5): 1314–30. <https://doi.org/10.1002/ecc.1458>.
- Los Angeles Department of Water and Power. 2020. "Urban Water Management Plan." <https://www.ladwp.com/cs/groups/ladwp/documents/pdf/mdaw/nzyy/-edisp/opladwpcbb762836.pdf>
- Los Angeles Homeless Services Authority. 2009. "City of Los Angeles Council Districts." <http://documents.lahsa.org/planning/homelesscount/2009/CityofLA-CouncilDistricts.pdf>
- Mao, Selena. 2021. "Planting Resilience: Identifying Climate-Resilient Tree Species and Increasing Their Presence in Los Angeles' Urban Forest." Edited by Yajuan Chen, Edith de Guzman and Kirsten Schwarz. TreePeople. <https://www.treepeople.org/wp-content/uploads/2021/07/planting-resilience-identifying-climate-resilient-tree-species-and-increasing-their-presence-in-los-angeles-urban-forest.pdf>
- McPherson, E. Gregory, Klaus Scott, James Simpson, Qingfu Xiao, and Paula Peper. 2000. "Tree Guidelines for Coastal Southern California Communities." Local Government Commission, January.
- McPherson, E. Gregory, James R. Simpson, Qingfu Xiao and Chunxia Wu. 2008. "Los Angeles 1-million tree canopy cover assessment." Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-207. Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. https://www.fs.usda.gov/psw/publications/documents/psw_gtr207/psw_gtr207.pdf
- Mika, Katie, Elizabeth Gallo, Erik Porse, Terri Hogue, Stephanie Pincetl, and Mark Gold. 2018. "LA Sustainable Water Project: Los Angeles City-Wide Overview," February. <https://escholarship.org/uc/item/4p3x8g4>.
- Pincetl, Stephanie. 2010. "Implementing Municipal Tree Planting: Los Angeles Million-Tree Initiative." *Environmental Management* 45 (2): 227–38. <https://doi.org/10.1007/s00267-009-9412-7>.
- Porse, Erik, Kathryn B. Mika, Elizaveta Litvak, Kimberly F. Manago, Terri S. Hogue, Mark Gold, Diane E. Pataki, and Stephanie Pincetl. 2018. "The Economic Value of Local Water Supplies in Los Angeles." *Nature Sustainability* 1 (6): 289–97. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0068-2>.
- Schlosberg, David. 2012. "Climate Justice and Capabilities: A Framework for Adaptation Policy." *Ethics & International Affairs* 26 (4): 445–61. <https://doi.org/10.1017/S0892679412000615>.
- Silverman, Dennis. 2017. "Comparisons of California Utilities 2016 Power Sources and Emissions | Energy Blog." University of California Irvine. <https://sites.uci.edu/energyobserver/2017/11/24/comparisons-of-california-utilities-2016-power-sources-and-emissions/>.
- Salabert, Shawnte. 2022. "How Los Angeles is Leading the Urban Tree-Planting Revolution." *Outside*. April 22, 2022. <https://www.outsideonline.com/outdoor-adventure/environment/urban-tree-planting-los-angeles/>
- Sanders, Kelly Twomey. 2016. "The Energy Trade-Offs of Adapting to a Water-Scarce Future: Case Study of Los Angeles." *International Journal of Water Resources Development* 32 (3): 362–78. <https://doi.org/10.1080/07900627.2015.1095079>.
- Schwarz, Kirsten, Michail Fragkias, Christopher G. Boone, Weiqi Zhou, Melissa McHale, J. Morgan Grove, Jarlath O'Neil-Dunne, et al. 2015. "Trees Grow on Money: Urban Tree Canopy Cover and Environmental Justice." *PLOS ONE* 10 (4): e0122051. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122051>.
- Taha, Haider. 2015. "Cool Cities: Counteracting Potential Climate Change and Its Health Impacts." *Current Climate Change Reports* 1 (3): 163–75. <https://doi.org/10.1007/s40641-015-0019-1>.