

Título:

Una sombra para Victoria

Estudiantes:

1° AÑO A	1° AÑO B
ACCINELLI, Ana	AGUIRRE, Tobías
ALLASINO, Ángeles	ALBORNOZ, Jazmín
BAINOTTI BUZZI, Victoria	BASA PIEDRABUENA, Juana
CALABRESE, Ulises Ignacio	BUSTAMANTE, Eugenio Agustín
CAMOZZI, Gaspar	CABALLERO, María Emilia
FONTANA, Helena	CANDIA, Melanie
GUTIERREZ, Guillermina	CHAPARRO, Álvaro
LEGUIZAMÓN, Sara	COLOBIG TALEB, Lourdes
LIMA RODRIGUEZ, Constanza	CORDOBA, Rafaela Alejandra
MERCIER DE BUSSARD, Gonzalo	GARCIA CARLETTI, Catalina
MORAN, Matilde	GARCIA MAGGIONI, Camila
MURATURE, Paulina	GARCILAZO, Mía
OLAZAGOITIA, Manuel	GÓMEZ PERAZZO, Adriano
OLIVERO, Lucas Santiago	MARTINEZ ACCINELLI, Fermín
OTERO, Baltazar	MENA, Gonzalo Nicolas
REGGIARDO, Martin	MOLINA, Alejo
SOBRERO, Simón	PASSADORE NAVONI, Zoe
SPOLIDORI, Ana	URCOLA, Bautista
ZANONI, Victoria	URCOLA, Guillermina



Colegio de la Mesopotamia

Docente responsable: María Fernanda Kielmanowicz

Victoria - Entre Ríos – Argentina

Enero 2024

TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	1
2.1 Hipótesis.....	1
2.2 Objetivo general	4
2.3 Objetivos específicos.....	4
3. Materiales y métodos.....	6
3.1 Descripción del sitio de estudio.....	6
3.2 Materiales.....	12
3.3 Trabajo de campo.....	12
3.4 Análisis de datos.....	14
3.5 Limitaciones y obstáculos.....	15
4. Resumen de datos.....	16
5. Análisis y resultados.....	28
6. Discusión.....	31
7. Conclusión.....	32
Agradecimientos.....	34
<i>Referencias bibliográficas.....</i>	<i>35</i>
ANEXO 1: Insignias seleccionadas.....	37
ANEXO 2: Fotografías tomadas a lo largo de todo el proyecto.....	39
ANEXO 3: Tabla con los sitios de estudio de temperatura y cobertura terrestre.....	50
ANEXO 4: Ubicación de los sitios de medición de las temperaturas del aire y superficial en el plano de la ciudad.....	51
ANEXO 5: Diseño de un corredor verde o peatonalización.....	52

1. RESUMEN:

Este proyecto de investigación pretende poner en valor el arbolado público en las veredas de la ciudad de Victoria, Entre Ríos, Argentina. Al ponerse en evidencia la falta de arbolado público en las veredas de la ciudad, principalmente en la zona centro del casco urbano, los estudiantes se plantean la siguiente pregunta de investigación: *¿Cuáles son las consecuencias de la temperatura del aire y de la temperatura superficial que se producen en la ciudad de Victoria, Entre Ríos, Argentina, por la falta de arbolado público?* Los estudiantes coinciden en que al no haber sombra, los rayos solares no se reflejan en las hojas de los inexistentes árboles, sino que llegan al cemento provocando que este se caliente. Para ello se realizan experiencias que demuestran cómo los rayos solares calientan diferentes superficies de acuerdo a los materiales que lo conforman; por otro lado, las superficies no expuestas a los rayos solares logran temperaturas menores a las expuestas al sol. Por medio del trabajo de campo, evidencias fotográficas y protocolos de medición de altura de árboles, se demuestra la falta de arbolado público en las veredas de la ciudad, en particular en las áreas más cercanas al centro. La unión de toda la información nos permitirá concluir si nuestra hipótesis es verdadera o no.

PALABRAS CLAVES:

Temperatura, calor, isla urbana de calor, árboles

2. INTRODUCCIÓN:

El colegio de la Mesopotamia durante el ciclo lectivo 2023 participó de la campaña “Árboles dentro de LAC” organizada por la Oficina Regional de GLOBE LAC. Para ello se debían hacer diferentes mediciones de los árboles que nos rodean. Esto hizo que se pusiera en evidencia la falta de arbolado público en las veredas de la ciudad, problemática que se hace más marcada en la zona centro del casco urbano y va decreciendo hacia la periferia. Por otro lado, la ciudad de Victoria, Entre Ríos, Argentina, fue el epicentro de una sequía muy marcada acompañada de días de temperaturas extremas en el verano 2022/23.

Como resultado de nuestra observación se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son las consecuencias de la temperatura del aire y de la temperatura superficial que se producen en la ciudad de Victoria, Entre Ríos, Argentina, por la falta de arbolado público?

2.1 Hipótesis:

Los estudiantes coinciden en que al no haber sombra por la falta de arbolado público, los rayos solares no se reflejan en las hojas de los árboles, sino que llegan al cemento

provocando que este se caliente, porque absorbe el calor; parte de este calor se emite y de esta manera aumenta la temperatura del aire.

El Cambio Climático por causas Antrópicas es provocado en las ciudades porque las áreas de construcción superan a las áreas naturales o verdes. La falta de árboles en las veredas sumado a las altas temperaturas estivales provoca que la ciudad actúe como una isla urbana de calor, lo que significa que la temperatura del aire y de la superficie del suelo sean muy superiores a las de las zonas rurales circundantes. Este aumento impacta sobre los ciudadanos de esta localidad, haciendo que los mismos sean más propensos a los síntomas de los golpes de calor, como así también un malestar generalizado.

Para comprender por qué sucede este aumento de la temperatura es necesario entender algunos principios de la física.

La Universidad Tecnológica Nacional (2021) explica que la inercia térmica es la propiedad que indica la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con que éste la cede o absorbe del entorno. Los materiales con inercia térmica como las piedras y el concreto absorben y ceden el calor lentamente, por lo que los edificios permanecen más tiempo con altas temperaturas en relación a la vegetación. Esto es algo positivo en las estaciones del año donde las temperaturas son bajas debido a que disminuyen el consumo energético para calefaccionar los hogares, pero en las estaciones cálidas, en particular el verano, se genera lo que se denomina el efecto isla urbana de calor.

Los árboles, por el contrario, reflejan la luz del sol. El sol es una fuente primaria de luz visible, ya que es un cuerpo que la emite por sí mismo. La luz del Sol es una onda electromagnética capaz de viajar por el espacio hasta la Tierra, es decir no necesita un medio material para propagarse. Los materiales opacos impiden el paso de los rayos de luz, que son absorbidos o reflejados, de modo que no podemos ver a través de ellos. La onda al llegar a la superficie del área foliar del árbol experimenta un cambio de dirección ya que, no logra penetrar al nuevo material y choca contra su superficie, fenómeno que se denomina reflexión.

Los árboles de cualquier ecosistema son proveedores de servicios ecosistémicos esenciales para la vida. Cumplen además roles muy importantes, en particular los árboles nativos:

- son el hábitat de diferentes especies
- purifican el aire y dan sombra
- proveen insumos como la madera, leña, medicinas naturales y alimentos
- protegen el suelo
- filtran el agua y evitan inundaciones

- ayudan a mitigar el cambio climático

El Ingeniero Agrónomo Nicolás Del Valle nos comenta que “otro beneficio que tiene, particularmente en Victoria, el agregado de árboles en las calles es que sirven para sacar el agua de abajo [...] Son como bombas que con las raíces sacan el agua de la profundidad y la evaporan”. El suelo contiene arcilla, la montmorillonita, que es muy expansiva cuando se humedece y se contrae mucho cuando se seca. El escaso mantenimiento de las calles que no cubre las juntas de las placas del pavimento provoca que, cuando llueve, el agua se infiltre y las napas suban, convirtiendo la arcilla en una sustancia similar a la plastilina. Al ocurrir posteriormente el constante tránsito de vehículos, las placas de hormigón se desplazan y se agrietan. (Conversatorio, 11 de septiembre de 2023)

Los árboles nativos son todos aquellos originarios del lugar en el cual se encuentran y son esenciales para sustentar la diversidad biológica, mantener la dinámica natural de los ecosistemas y permitir que funcionen de manera equilibrada.

Diferentes fuentes relacionan la falta de árboles y la presencia de superficies no naturales como una consecuencia de la elevación de la temperatura del aire y de la superficie del suelo en las áreas urbanas. Según el Compendio de estrategias para reducir las islas de calor urbano (EPA, 2008), muchas áreas urbanas y suburbanas experimentan elevadas temperaturas comparadas con el entorno exterior de las ciudades; esta diferencia es lo que constituye una isla urbana de calor. La temperatura promedio del aire anual de las ciudades con millones de habitantes pueden tener de 1 a 3 °C más que los alrededores, incluso en una noche calma, la temperatura puede tener una diferencia entre ambas áreas de 12 °C. Ciudades más pequeñas pueden también producir islas de calor, pero el efecto casi siempre disminuye con el tamaño del poblado. Según Gómez Arias Valentina (2020) una de las posibles soluciones de este fenómeno ha sido incrementar las zonas verdes que ayuden a disminuir las temperaturas aportando otros beneficios a la ciudad.

La Municipalidad de la ciudad de Victoria a través de la ordenanza N°3797 ha aprobado el día 12 de junio de 2019 un plan de arbolado público donde se especifican en diferentes artículos los lugares específicos de las veredas donde acondicionar el lugar para la plantación de los árboles, la distancia, las especies permitidas, entre otras cosas.

Según el docente GLOBE Taborda Martínez (2021) en la ciudad de Barranquilla, Colombia, la presencia de árboles tiene “acción positiva [...] en la regulación de la temperatura superficial en los parques y sitios de ocio o entretenimiento para los ciudadanos del sur del área metropolitana de la ciudad.” En la misma línea de investigación los alumnos del Colegio Montessori de Cartagena (2021), Colombia, llegaron a la conclusión que “la diferencia en la temperatura superficial del medio urbano y el medio rural vecino, por el norte, es de casi 8°C.”

En otros artículos de Nature Communication diversos autores mencionan el rol de los árboles en la disminución de la temperatura superficial en las diversas ciudades de Europa; también se observa una menor temperatura en las áreas rurales con respecto a las áreas urbanas. Gómez Arias (2020) en su Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera Ambiental llega a la conclusión que “La vegetación alrededor de las viviendas podría mejorar la sensación de confort dentro de las mismas”, aunque esto puede estar influenciado por la inercia térmica de los materiales del entorno.

El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada uno tiene metas específicas que deben alcanzarse en el año 2030. Para alcanzarlas, los gobiernos, el sector privado, la sociedad civil y los ciudadanos deben hacer su parte. Existen 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Esta investigación pretende mitigar los efectos adversos que genera un cambio climático antrópico, es decir provocado por la acción de la humanidad. El aumento del arbolado público mejoraría:

- la salud y el bienestar de la población (ODS 3)
- mejoraría a la ciudad y comunidad haciéndolas más sostenibles (ODS 11)
- reduciría la temperatura de la ciudad y aumentaría la captación de carbono a nivel local, lo cual sería un mejoramiento en la acción del clima (ODS 13)
- plantar árboles en la vía pública mejoraría la vida de los ecosistemas terrestres (ODS 15)
- por último, trabajar en forma conjunta el Municipio, el sector privado y la sociedad civil generaría una alianza para lograr los objetivos de desarrollo sostenibles (ODS 17)

2.2 Objetivo general:

Determinar qué consecuencias conllevan tanto la temperatura del aire como la superficial a la comunidad de la ciudad de Victoria, Entre Ríos, Argentina a raíz de la escasez de arbolado público en el casco urbano.

2.3 Objetivos específicos:

- i. Corroborar que el casco urbano se caracteriza por la no presencia de árboles en la vía pública (veredas)
- ii. Buscar información sobre la historia de la planificación de la ciudad de Victoria, Entre Ríos, Argentina.
- iii. Clasificar la cobertura terrestre en los sitios donde vamos a hacer las mediciones.
- iv. Ubicar en un mapa de la ciudad, los árboles que se presentan en las veredas.

- v. Identificar las especies arbóreas de las veredas, geo posicionarlas, medir su altura y diámetro del tronco
- vi. Comparar las diferentes temperaturas superficiales y del aire, llevando a cabo los protocolos GLOBE, en diferentes condiciones de cobertura terrestre.
- vii. Comprender los diferentes procesos físicos relacionados al calor y a los rayos solares.
- viii. Clasificar los árboles de la ciudad
- ix. Realizar mediciones de temperatura del aire y de la superficie del suelo desde el área del centro hacia las afueras de la ciudad para determinar si hay variaciones en las mismas.

Cronograma:

Objetivo	Actividad	2023							
		Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	Hacer salidas para recorrer las calles de la ciudad para geolocalizar, identificar y medir altura y circunferencia del tronco de los árboles	15, 19, 22 y 24			4, 23 y 30				
2	Obtener de la ordenanza 3797 sobre el plan de arbolado público de la ciudad.					7			
	Entrevistar a Raúl Brassesco agente del INTA Victoria.				30				
3	Conocer la clasificación de los ecosistemas según su tamaño, su ubicación, su origen y su cobertura terrestre (Clasificación MUC)				14 al 18				
	Clasificación de la cobertura terrestre del sitio de estudio del proyecto y de las áreas circundantes utilizando la app de GLOBE Observer.				30				
4	Realizar una maqueta con el mapa de la ciudad y la ubicación de las especies.						4	8, 15 y 22	1
5	Identificar las especies arbóreas de las veredas, geo posicionarlos, medir su altura y diámetro del tronco	15, 19, 22 y 24			4, 23 y 30				
6	Experimento N°1				2				
	Experimento N°2				2, 11 y 23				
	Experimento N°3			3, 4, 6, 24, 26, 27 y 28	4, 7, 9, 10, 14, 15, 16, 18, 22, 23 y 24				
7	Charlas a cargo de los alumnos de 6° año del nivel secundario.				15 al 23				
8	Clasificar los árboles de la ciudad en dos grupos, veredas y plazas, para extraer datos estadísticos y analizar.					20 y 27			
9	Realizar mediciones de ambas temperaturas partiendo desde el colegio (zona centro del 1° cuartel) por calle H.Yrigoyen hasta su intersección con la Av. de Circunvalación vieja (2° cuartel, área alejada del centro) cada 5 cuadras para ver si se cumple el efecto de isla de calor urbano.							27	22

Figura 1: Cronograma de actividades.

Fuente: creación propia.

3. MATERIALES Y MÉTODOS:

3.1 Descripción del sitio de estudio:

La República Argentina está ubicada en el hemisferio sur con respecto al Ecuador, y al oeste respecto del Meridiano de Greenwich. Ocupa parte del continente americano. Sus 3800 km de longitud se extienden desde los 22° hasta los 55° de latitud sur. Limita con Uruguay, Brasil, Paraguay, Bolivia y Chile y con el océano Atlántico. El territorio nacional está integrado por 23 provincias y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, capital del país.



Figura 2: Territorio argentino destacando en su división política a la provincia de Entre Ríos.

Fuente:

<https://www.turismoentrerios.com/provincia/limites.htm>

La provincia de Entre Ríos está situada en el centro-este de la República Argentina. Limita al norte con la provincia de Corrientes, al oeste con Santa Fe, al sur con Buenos Aires y al este con la República Oriental del Uruguay. El territorio provincial está limitado por los ríos Paraná y Uruguay, que integran la Cuenca del Plata. Cada uno tiene varios afluentes que recorren los departamentos de la provincia. El territorio entrerriano forma parte de las llanuras argentinas. En su relieve pueden distinguirse dos zonas: las lomadas y las tierras bajas del delta, en su superficie se distinguen cuatro ecorregiones: la Pampa, el Espinal, los Esteros del Iberá y el Delta del Río Paraná.



Figura 3: Mapa ambiental de la Provincia de Entre Ríos, con sus ecorregiones, parques y reservas naturales del sistema nacional de áreas protegidas o SNAP.

Fuente: Mapoteca Argentina

La ciudad de Victoria, se ubica en la región oeste de la provincia de Entre Ríos sobre la margen del río El Espinillo, uno de los tantos riachos que conforman el Delta del Río Paraná. Conocida también para los lugareños como “la ciudad de las siete colinas” o “la ciudad de las rejas”.

El casco urbano de la ciudad se caracteriza por veredas angostas, libres de árboles debido a una ordenanza municipal muy antigua que prohibía el arbolado público y que en el año 2019 se dejó sin efecto, por lo que ahora se pueden observar algunos árboles jóvenes en algunos frentes de las viviendas. Las especies más comunes utilizadas para ello son los ligustros (*Ligustrum lucidum*), las espumillas o crespones (*Lagerstroemia indica*), acacia bola (*Robinia pseudoacacia 'Umbraculifera'*), naranjo amargo (*Citrus aurantium*), Pata de vaca (*Bahuinia fosficatta*, también variedad rosada), y los lapachillos o guarán (*Tecoma stans*), estos dos últimos son los únicos nativos de América del sur.



Figura 4: H. Yrigoyen 559 entre 9 de Julio e Intendente Camoirano, donde se ubica el "Colegio de la Mesopotamia".

Fuente: autoría propia.

La ciudad de Victoria se encuentra en la ecorregión de pampas. Según la Fundación de Vida Silvestre

Las Pampas cubren alrededor del 60% del área de pastizales de Argentina, con una notable biodiversidad que incluye alrededor de un centenar de mamíferos terrestres, como el icónico venado de las pampas. Alrededor del 80% de los pastizales pampeanos ya han sido transformados para actividades agrícolas y ganaderas, y del territorio restante sólo el 2,6% se encuentra bajo áreas protegidas.

Esta realidad no es ajena a esta región ya que, hacia el noreste la ciudad se encuentra rodeada de agroecosistemas, debido a que una de sus actividades económicas más importantes es la producción de cereales y oleaginosas. La ciudad propiamente dicha se corresponde con una cobertura terrestre urbana, y también es responsable de la modificación de las áreas naturales como cualquier urbanización.

Las zonas que rodean la gran cantidad de arroyos que se encuentran en la región se caracterizan por la selva en galería. También podemos encontrar áreas de la ecorregión del Espinal que la Fundación de Vida Silvestre la define como un área

Caracterizada por pastizales y bosques y denominada como la “pampa boscosa”, alberga muchas especies pampeanas que ahora son afectadas por la caza y la transformación del hábitat. Gran parte del Espinal está ubicado en terrenos con un alto nivel de desarrollo agrícola y urbanístico.

Por otro lado, la ciudad está rodeada hacia el sudoeste por el Delta del Río Paraná, una extensa superficie de humedales.



Figura 5: mancha urbana de la ciudad de Victoria y sus alrededores donde se indica el primer nivel de los códigos MUC.

Fuente: <https://earth.google.com/>



Figura 6: mancha urbana de la ciudad de Victoria resaltando el área central y casco histórico.
Fuente: Municipalidad de Victoria.



Figura 7: Mapa de los barrios de la ciudad de Victoria
Fuente: Municipalidad de Victoria. www.victoria.gob.ar

3.2 Materiales:

- Anemómetro
- Cámaras fotográficas.
- Cinta métrica de 30 m.
- Cinta métrica flexible de 150 cm
- Clinómetros
- Computadoras
- Erlenmeyer de 250 ml
- Hojas de datos
- Libros, revistas y guías de identificación de especies arbóreas
- Teléfonos celulares con aplicación GLOBE Observer
- Termómetro de alcohol
- Termómetro infrarrojo TIR
- Vasos de precipitado de 250 ml
- Vasos de vidrio

3.3 Trabajo de campo:

El diseño de la investigación se basó en la búsqueda bibliográfica y el diseño de campo. La primera se utilizó como fuente de información, en particular para la búsqueda de antecedentes o resultados similares.

La recolección de datos se realizó en salidas especiales con los alumnos de los cursos que participaron en el proyecto como primer año A y B del nivel secundario y con alumnos de 5° año del mismo nivel, quienes colaboraron en la medición de árboles de las veredas de la ciudad. Las salidas se realizaron dentro y fuera del horario escolar. También se midieron árboles de forma individual, tanto de forma manual como por medio de la aplicación de GLOBE Observer.

Dentro de la metodología se puede nombrar los diferentes protocolos de GLOBE utilizados en la investigación:

- Protocolo de calibración de los termómetros de alcohol
- Protocolo de la temperatura del aire con termómetro de alcohol
- Protocolo de la temperatura superficial con termómetro infrarrojo
- Protocolo de altura de los árboles con método manual y de la app de GLOBE Observer
- Protocolo de la circunferencia del tronco de los árboles

- Protocolo de la temperatura del suelo
- Protocolo de viento

Los protocolos de medición de altura de árboles y de la circunferencia del tronco se realizaron en su mayoría en los barrios del 1° y 2° cuartel, principalmente las áreas que pertenecen a la zona centro, debido a que son cercanas a nuestro colegio. Se clasificaron los árboles en dos grupos, los de las veredas y los que se encuentran en las plazas, debido a que estos últimos son de mayor tamaño, en contraposición con los de las veredas.

La licenciada en Ciencias Físicas Marta Risso, colega del colegio y quien nos asesora en los fenómenos físicos, sugiere hacer una experiencia para comparar las diferentes temperaturas (superficial, del aire y del agua) en distintas coberturas de suelo por acción de los rayos solares. Los seis vasos de vidrio debían contener el mismo volumen de agua. Se llevaron a cabo los protocolos GLOBE de temperatura del aire y superficial, en diferentes condiciones de cobertura terrestre y se midió la temperatura del agua a intervalos de 15 a 20 minutos. (Experimento N°1)

Para entender la importancia de utilizar el mismo volumen de agua en los diferentes vasos, se realiza otra experiencia donde, con una manta térmica a 40 °C, se calentaron dos volúmenes diferentes de agua durante el mismo período de tiempo. Se midió la temperatura cada 15 minutos para evaluar su cambio. (Experimento N°2)

En el experimento N°3 se utilizaron 6 vasos de vidrio iguales, y en el experimento N°2, la primera vez que se hizo con dos Erlenmeyer de 250 ml y en las dos veces siguientes, 2 vasos de precipitados de 250 ml, también similares.

A partir del mes de julio de 2023 se empezó a medir la temperatura del aire y superficial en diferentes escenarios de cobertura terrestre con luz solar directa o a la sombra, similar a la experiencia de los vasos. (Experimento N°3)

Los datos de los experimentos n°1, 2 y 3 se cargaron a una planilla Excel y a partir de allí se hicieron los diferentes gráficos.

Con los datos de los árboles que se fueron relevando y subiendo a la plataforma de GLOBE, luego se procedió a extraer, analizar y visualizarlos en el programa Excel, donde se realizaron tablas y gráficas.

Durante el mes de noviembre y diciembre, aprovechando días de mayores temperaturas, se realizaron las mediciones de temperatura del aire y superficial y de viento en diferentes áreas de la ciudad, en la zona centro, y luego en sus alrededores con la idea de ver si se cumplía con la definición de isla urbana de calor.

También se realizó durante el mes de agosto del año 2023 una encuesta a los habitantes de la ciudad de Victoria por medio de un formulario Google para poder indagar su opinión acerca del arbolado público y así saber el grado de concientización que tiene la sociedad victoriense en relación a los efectos positivos que podrían generar los árboles en las veredas. Entre otros datos, se consultó si les parece importante mejorar esta cuestión en la ciudad con la idea de generar un compromiso a esta temática y saber si el proyecto era viable. La encuesta se compartió con las familias del colegio, la comunidad educativa y se indicó que se podía compartir con otros habitantes de esta ciudad. Creemos que la participación ciudadana es importante para lograr el Objetivo de Desarrollo Sostenible N°17. Se obtuvieron hasta la fecha 230 respuestas y con las mismas se realizó un análisis estadístico de los datos obtenidos y se graficaron para una mejor visualización.

3.4 Análisis de datos:

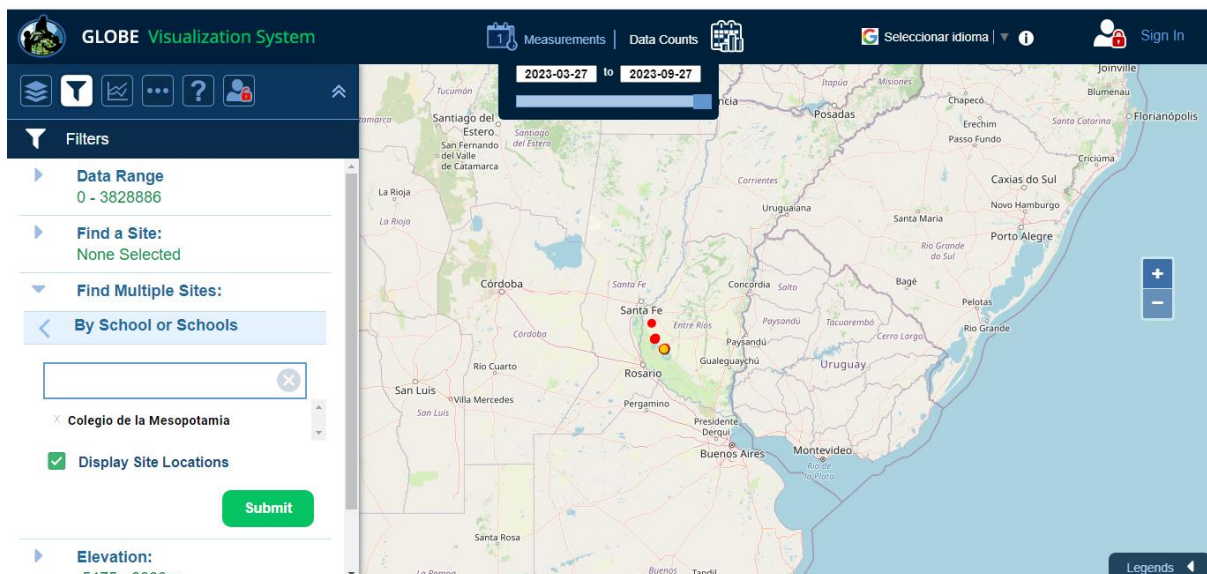


Figura 8: visualización de datos de la temperatura del aire del Colegio de la Mesopotamia. Fuente: <https://vis.globe.gov/GLOBE/>

Los datos atmosféricos son recolectados por los alumnos de la institución y luego se suben manualmente a la plataforma de GLOBE.

En cuanto a los datos de altura y circunferencia del tronco de los árboles se utilizaron el método manual por medio de la utilización del clinómetro y cinta métrica de 30 metros y luego por medio de la aplicación de GLOBE Observer.

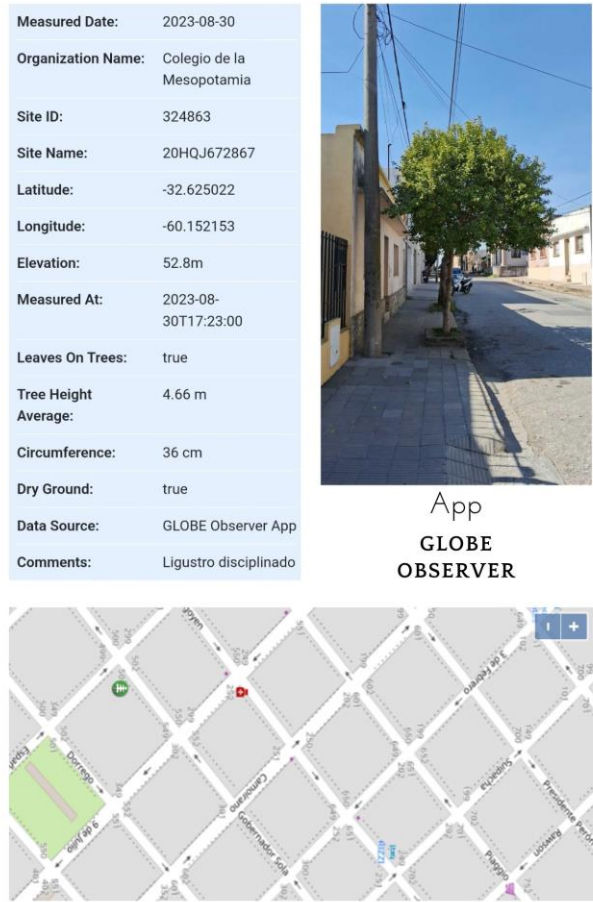


Figura 9: visualización de datos en la app GLOBE Observer -Protocolo altura de árboles. Fuente: <https://vis.globe.gov/GLOBE/>

3.5 Limitaciones y obstáculos:

Al inicio del proyecto las mediciones se hicieron en forma manual por medio de diferentes clinómetros confeccionados por los estudiantes, por lo que llevaba más tiempo no solamente en la medición sino también en subir los datos a la plataforma. A partir del mes de agosto 2023 se logró incorporar algunos celulares con los sensores necesarios para medir la altura de los árboles, por lo que se facilitó la recolección de datos a través de la aplicación de GLOBE Observer.

El tiempo para hacer todas las mediciones también fue una limitante por lo que agregamos una hora semanal más para poder adelantar nuestro proyecto, en particular lo que debíamos hacer en forma colectiva. La distancia entre los árboles de la ciudad es importante, por lo que relevar datos nos llevó más tiempo del previsto. Los períodos donde se colectaron mediciones se detallan en la *Figura 1*.

Otra limitante es que cuando los estudiantes salían solos a hacer las mediciones de los árboles les era difícil identificar a las especies, por lo que varios ejemplares figuran como “sin identificar”

4. RESUMEN DE DATOS:

EXPERIMENTO N°1: El calor de los rayos solares

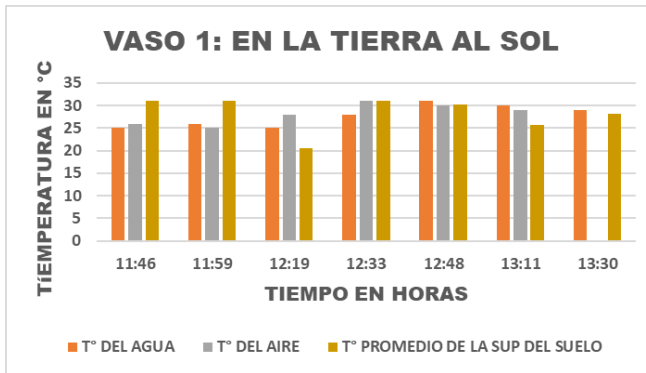


Figura 10: variación de las temperaturas del agua, aire y superficial en cobertura terrestre de suelo desnudo al sol.
Fuente: creación propia.

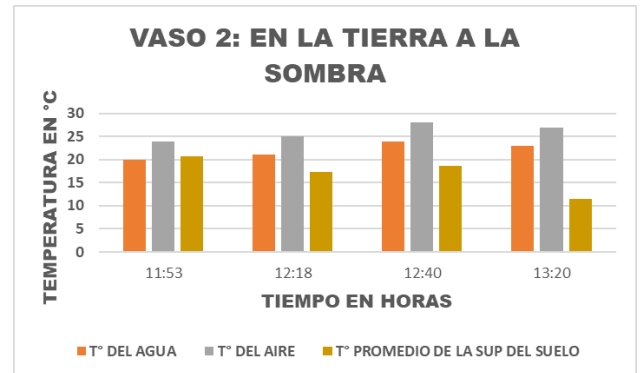


Figura 11: variación de las temperaturas del agua, aire y superficial en cobertura terrestre de suelo desnudo a la sombra.
Fuente: creación propia.

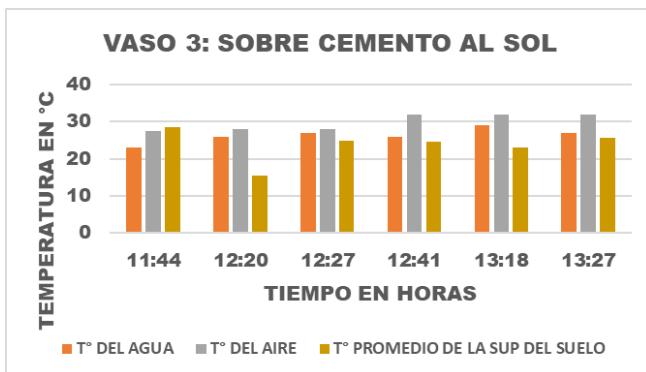


Figura 12: variación de las temperaturas del agua, aire y superficial en cobertura terrestre de mampostería al sol.
Fuente: creación propia.

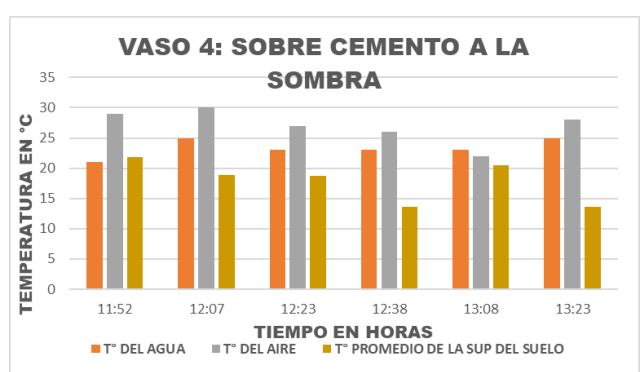


Figura 13: variación de las temperaturas del agua, aire y superficial en cobertura terrestre de mampostería a la sombra.
Fuente: creación propia.

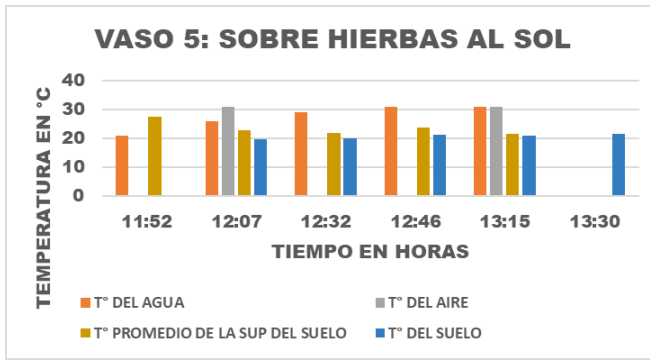


Figura 14: variación de las temperaturas del agua, aire y superficial en cobertura terrestre de hierbas al sol.

Fuente: creación propia.

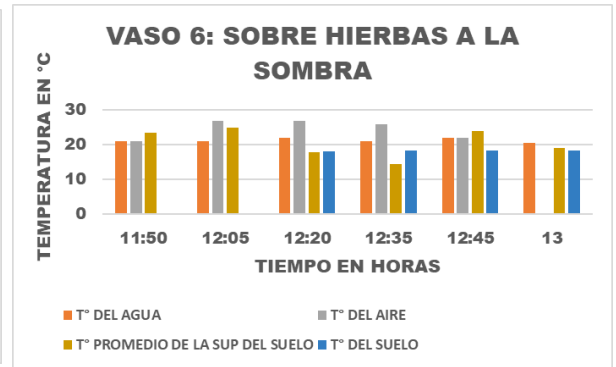


Figura 15: variación de las temperaturas del agua, aire y superficial en cobertura terrestre de hierbas a la sombra.

Fuente: creación propia.

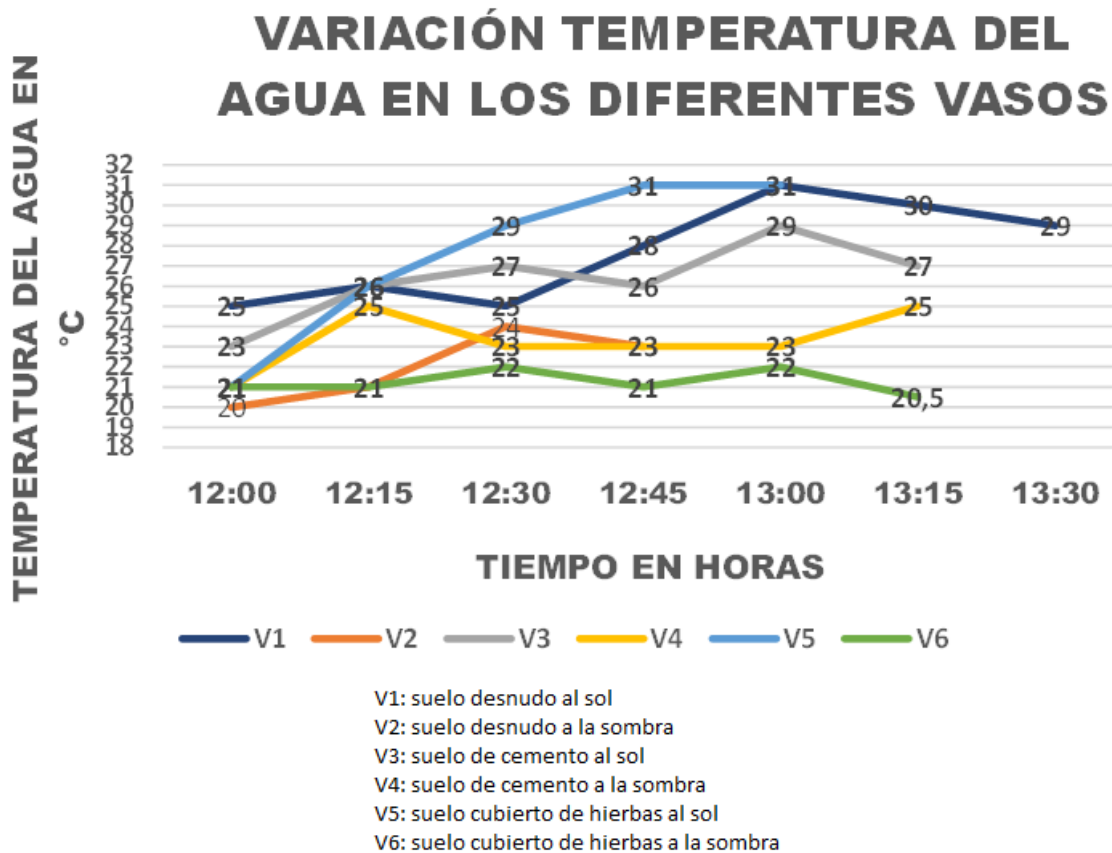


Figura 16: variación de la temperatura del agua en las diferentes coberturas terrestres.

Fuente: creación propia.

VARIACIÓN TEMPERATURA DEL AIRE EN LAS DIFERENTES COBERTURAS, CON Y SIN SOMBRA

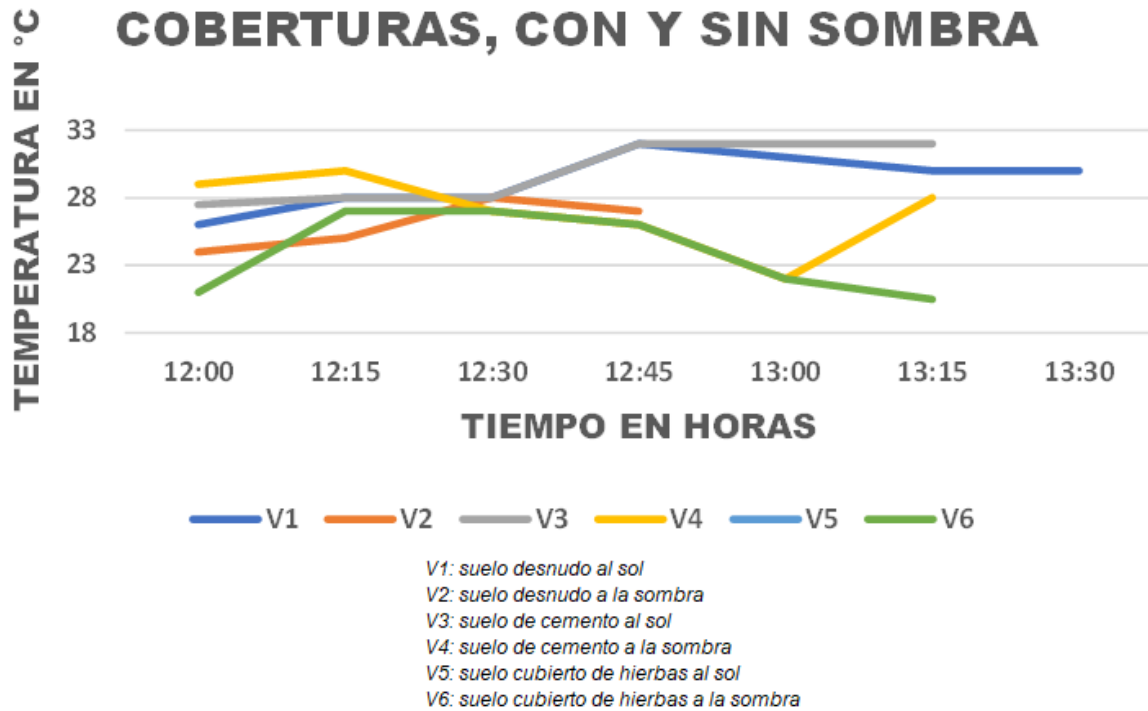


Figura 17: variación de la temperatura del aire en las diferentes coberturas terrestres.
Fuente: creación propia.

SUPERFICIAL EN DIFERENTES COBERTURAS, CON Y SIN SOMBRA

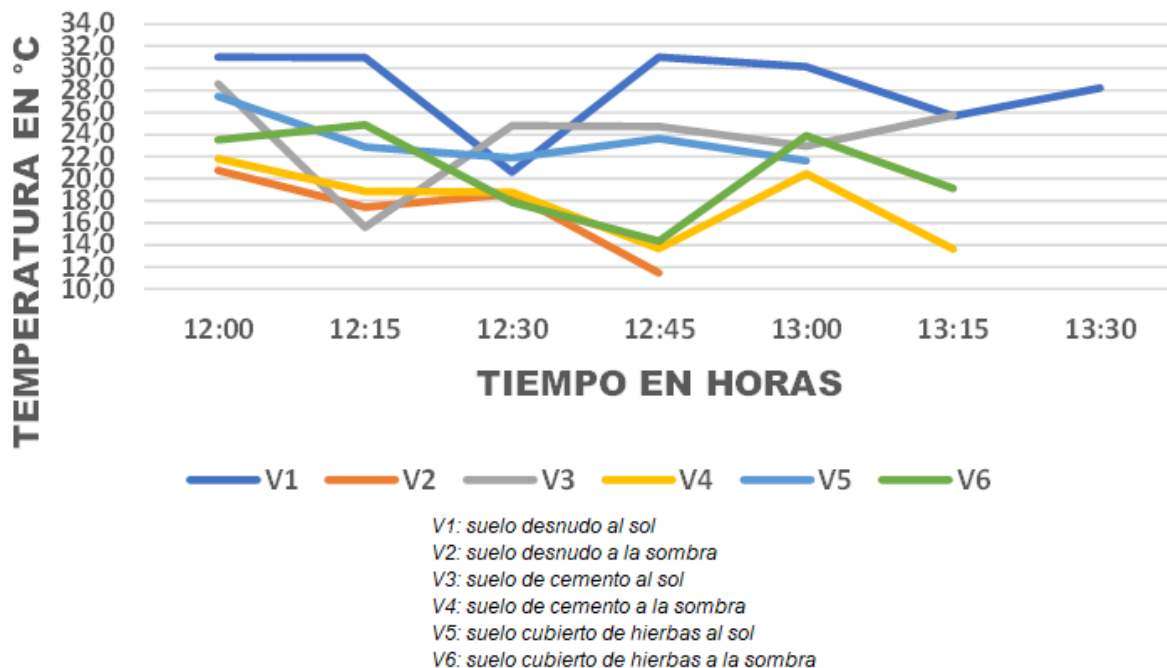


Figura 18: variación de la temperatura superficial en las diferentes coberturas terrestres.
Fuente: creación propia.

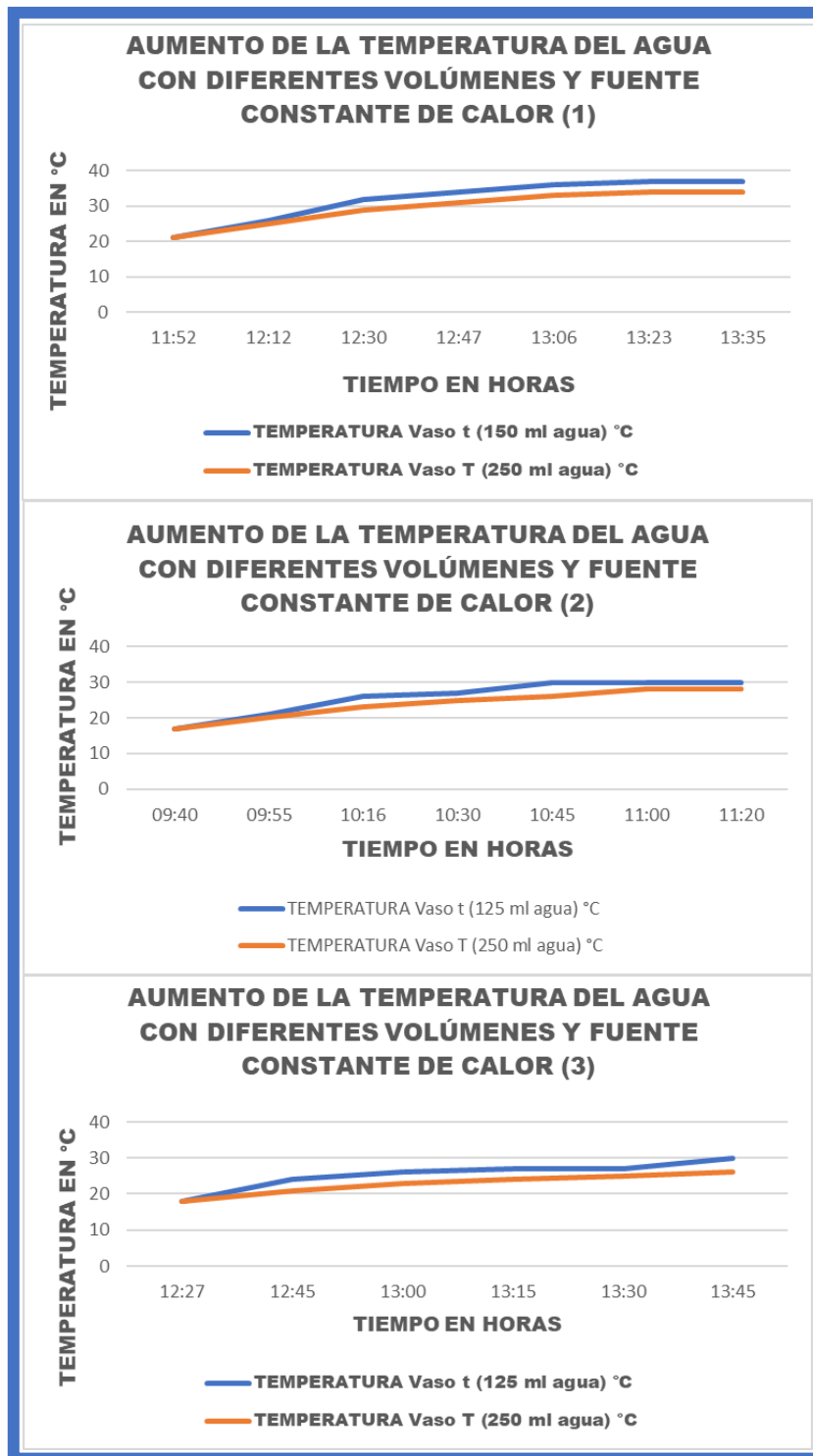


Figura 19: Experimento n°2 - variación de la temperatura del agua comparando diferentes volúmenes con una fuente constante de calor.
Fuente: creación propia.

TEMPERATURA SUPERFICIAL EN DIFERENTES COBERTURAS

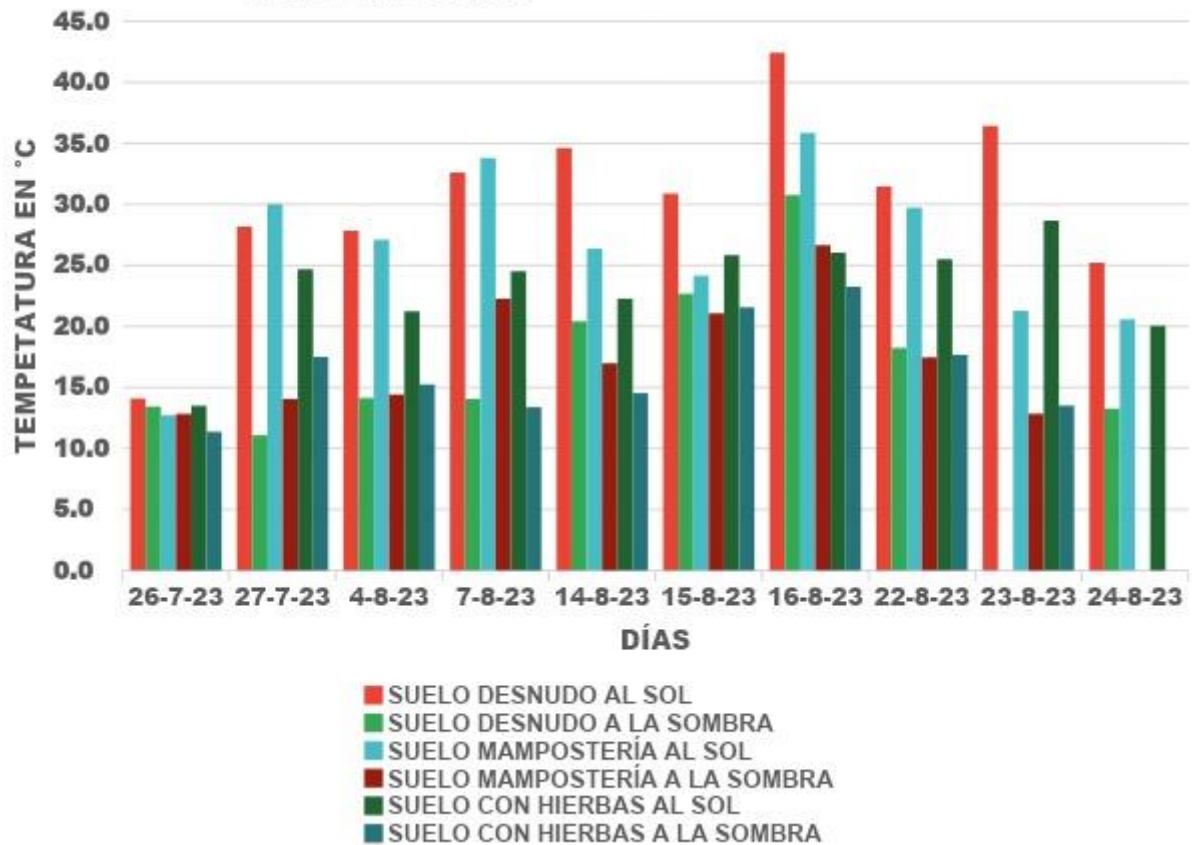


Figura 20: Experimento N°3 donde se muestra la variación de la temperatura superficial en diferentes escenarios de coberturas terrestres con exposición solar y a la sombra.
Fuente: creación propia.

Tabla 1: Temperaturas del aire de los días en que se realizó el experimento N°3.

NOMBRE DEL COLEGIO	SITIO	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN	FECHA	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)
Colegio de la Mesopotamia	CENTRO DEPORTIVO	-32.623.574	-60.151.605	52.0	26/7/2023	12.0
					27/7/2023	SIN MEDICIÓN
					4/8/2023	20.0
					7/8/2023	20.0
					14/8/2023	23.0
					15/8/2023	24.0
					16/8/2023	30.0
					22/8/2023	19.0
					23/8/2023	17.0
					24/8/2023	17.0

Fuente: creación propia.

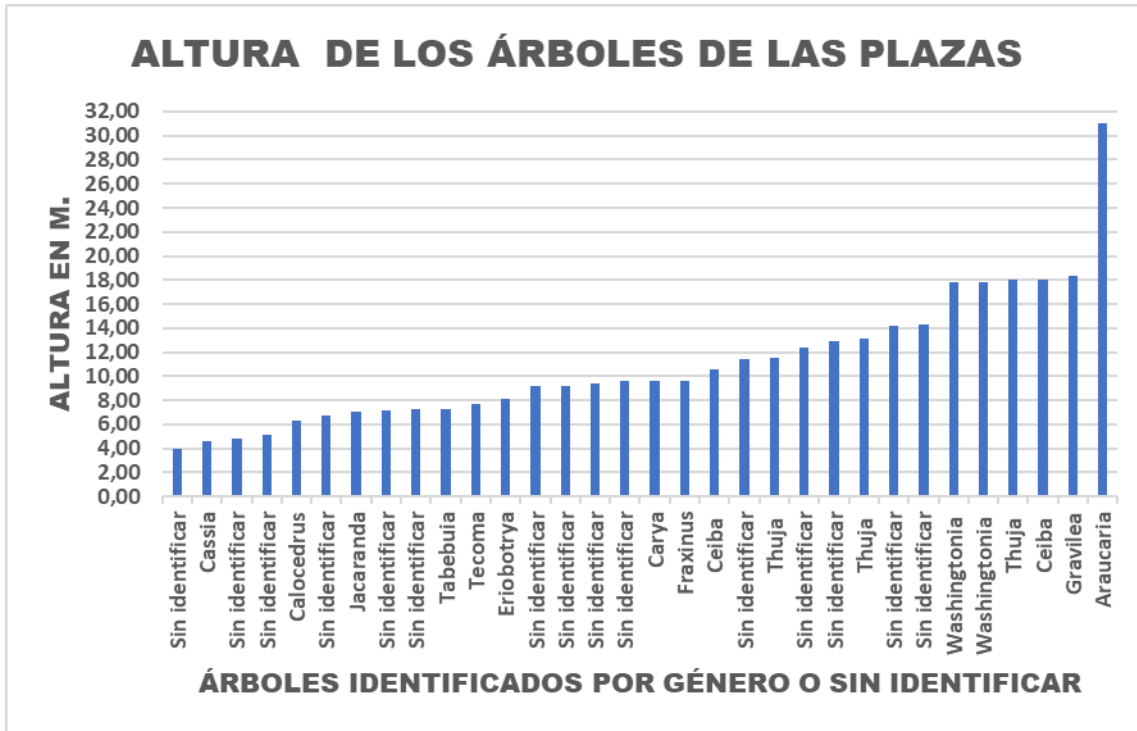


Figura 21: altura de los árboles de las plazas.
Fuente: creación propia.

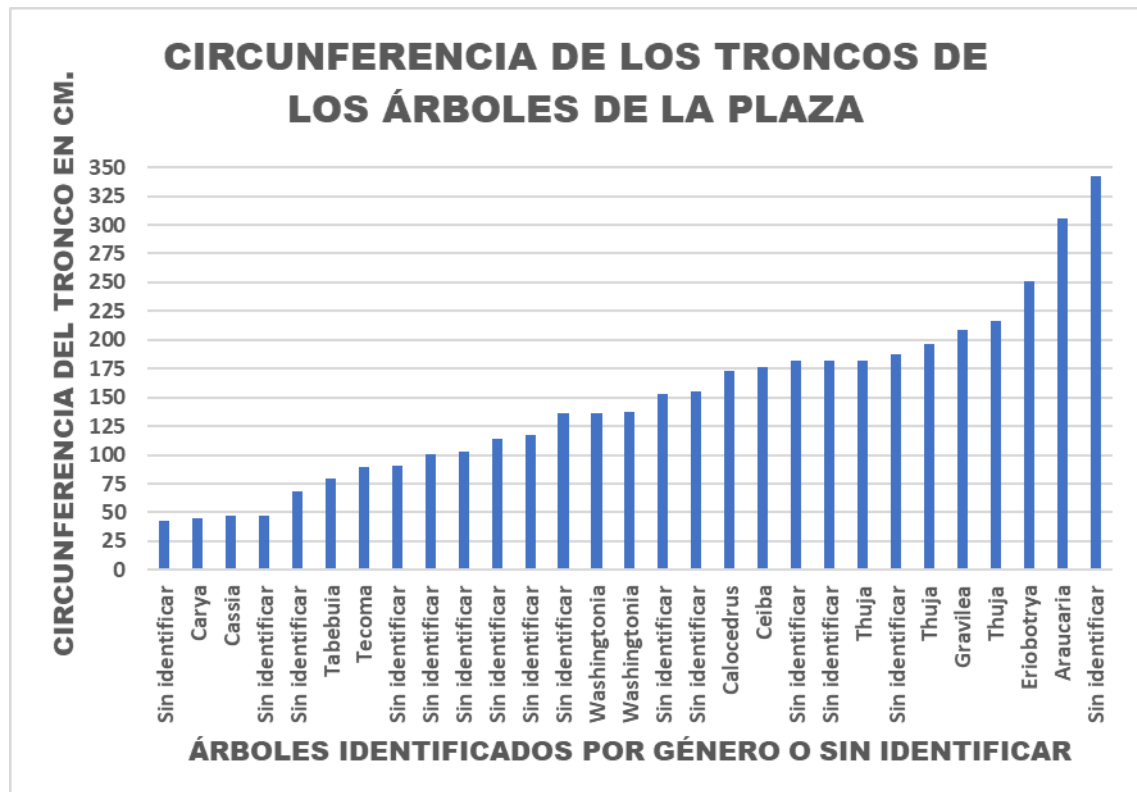


Figura 22: circunferencia de los troncos de los árboles de las plazas.
Fuente: creación propia.

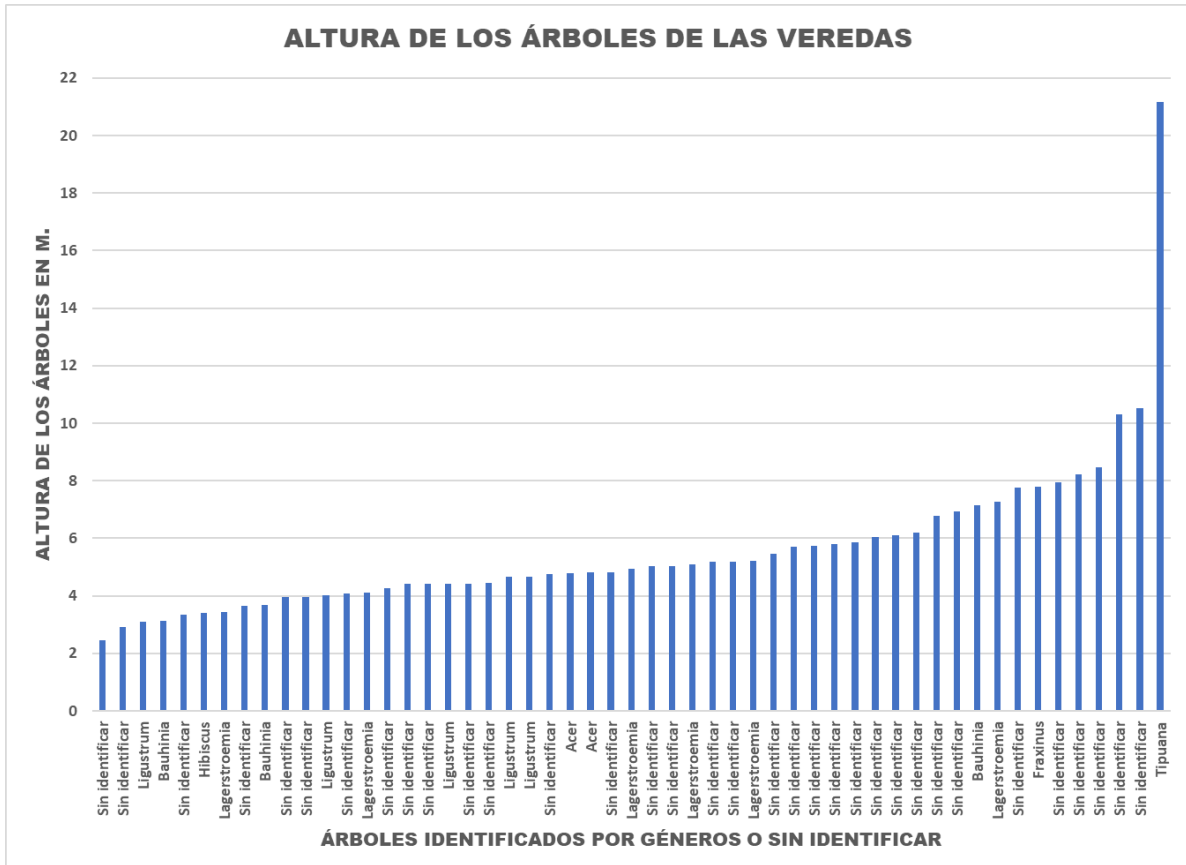


Figura 23: altura de los árboles de las veredas.
Fuente: creación propia.

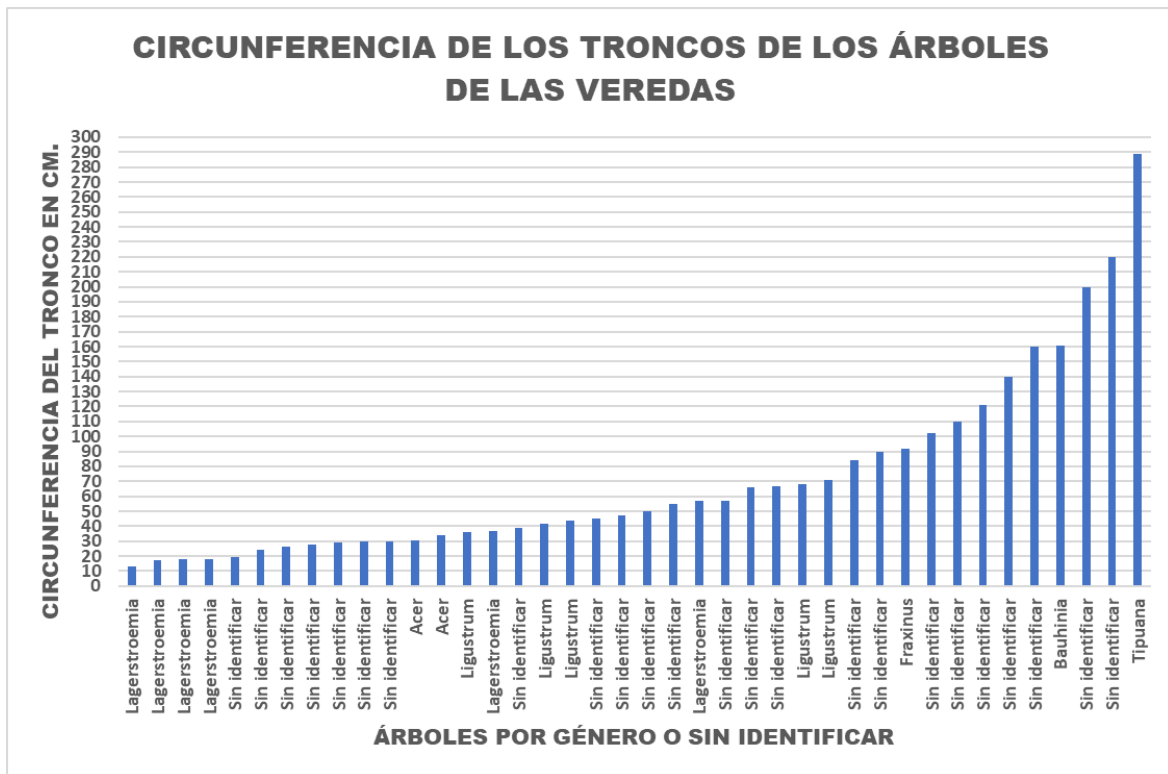


Figura 24: Circunferencia de los troncos de los árboles de las veredas.
Fuente: creación propia.

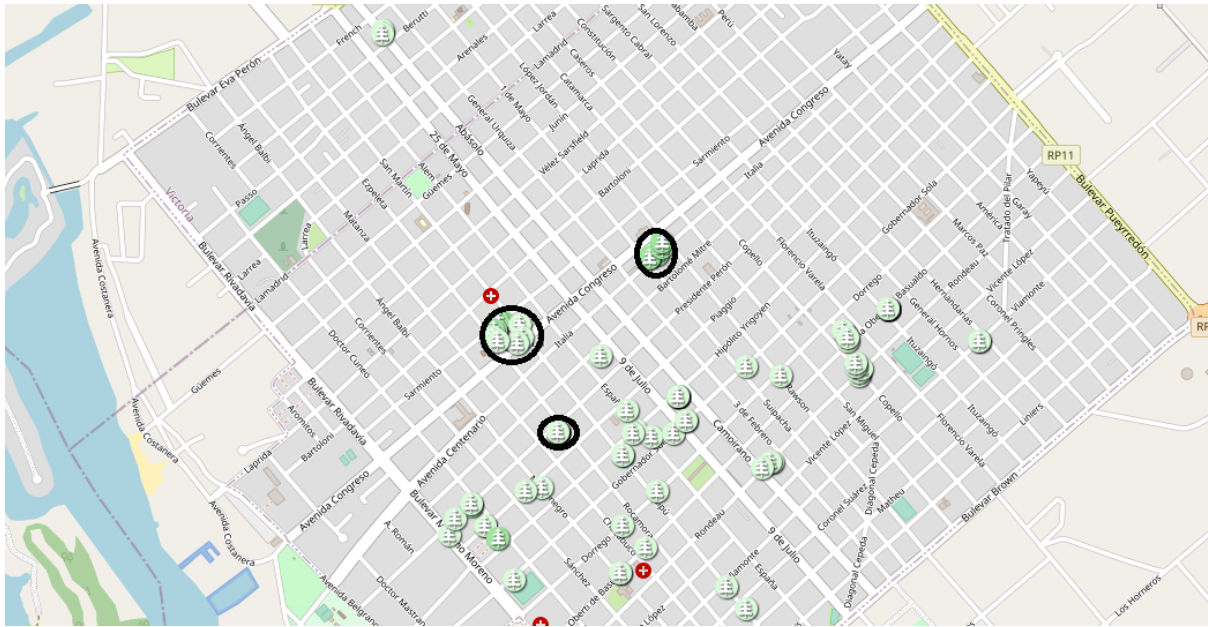


Figura 25: Visualización del mapa de la ciudad indicando la distribución de los árboles. Se demarca con círculos negros las tres plazas donde se midieron árboles.
 Fuente: <https://vis.globe.gov/GLOBE/>

Measured Date:	2023-09-07
Organization Name:	Colegio de la Mesopotamia
Site ID:	325462
Site Name:	20HQJ667868
Latitude:	-32.624241
Longitude:	-60.157505
Elevation:	54.7m
Measured At:	2023-09-07T13:06:00
Measurement Latitude:	-32.6237
Measurement Longitude:	-60.1567
Measurement Elevation:	55.5
Land Cover Description:	Urban, Residential Property
Raining Snowing:	true
Leaves On Trees:	true
East Classifications:	100% MUC 91 [Urban, Residential Property]
North Classifications:	100% MUC 91 [Urban, Residential Property]
South Classifications:	100% MUC 91 [Urban, Residential Property]
West Classifications:	100% MUC 91 [Urban, Residential Property]
Data Source:	GLOBE Observer App
Field Notes:	(none)

Figura 26: visualización de la cobertura terrestre del sitio de estudio realizada con la app de GLOBE Observer. Ciudad de Victoria-Entre Ríos – Argentina.
 Fuente: <https://vis.globe.gov/GLOBE/>

Resumen del Conversatorio del Ingeniero Agrónomo Raúl Brasesco, agente del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Victoria:

El día 30 de agosto el Ingeniero Agrónomo visita el colegio para dar una charla informativa sobre el tema que estamos investigando. Nos comenta que el proyecto de arbolado público de la ciudad nace hace aproximadamente 4 o 5 años desde la extensión del INTA Victoria. La misma contaba con diferentes etapas: zonificar la ciudad, verificar en esas zonas por donde atraviesa la red de gas, cloacas y agua potable y el tendido eléctrico, de telefonía y televisión por cable, realizar un recuento de árboles de la ciudad, planificar la cantidad de árboles por vereda, regular el proyecto a través de una ordenanza municipal y hacer un folleto informativo sobre las especies posibles de plantar y los cuidados básicos del árbol.

Además, habló de las funciones y la importancia del arbolado público en nuestra ciudad como el reducir la temperatura del aire y de la superficie del suelo, amortiguar los ruidos, absorber a través de la fotosíntesis el dióxido de carbono y liberar oxígeno, ser el hábitat de muchas especies, absorber agua del suelo evitando que se produzcan socavamientos del pavimento, y por supuesto el ser agradables a la vista. Como cierre a su charla nos recomendó leer “la vida secreta de los árboles” donde Peter Wohlleben cuenta cómo los árboles pueden comunicarse entre sí. (*Conversatorio, 30 de agosto de 2023*)

Resultados de la encuesta:

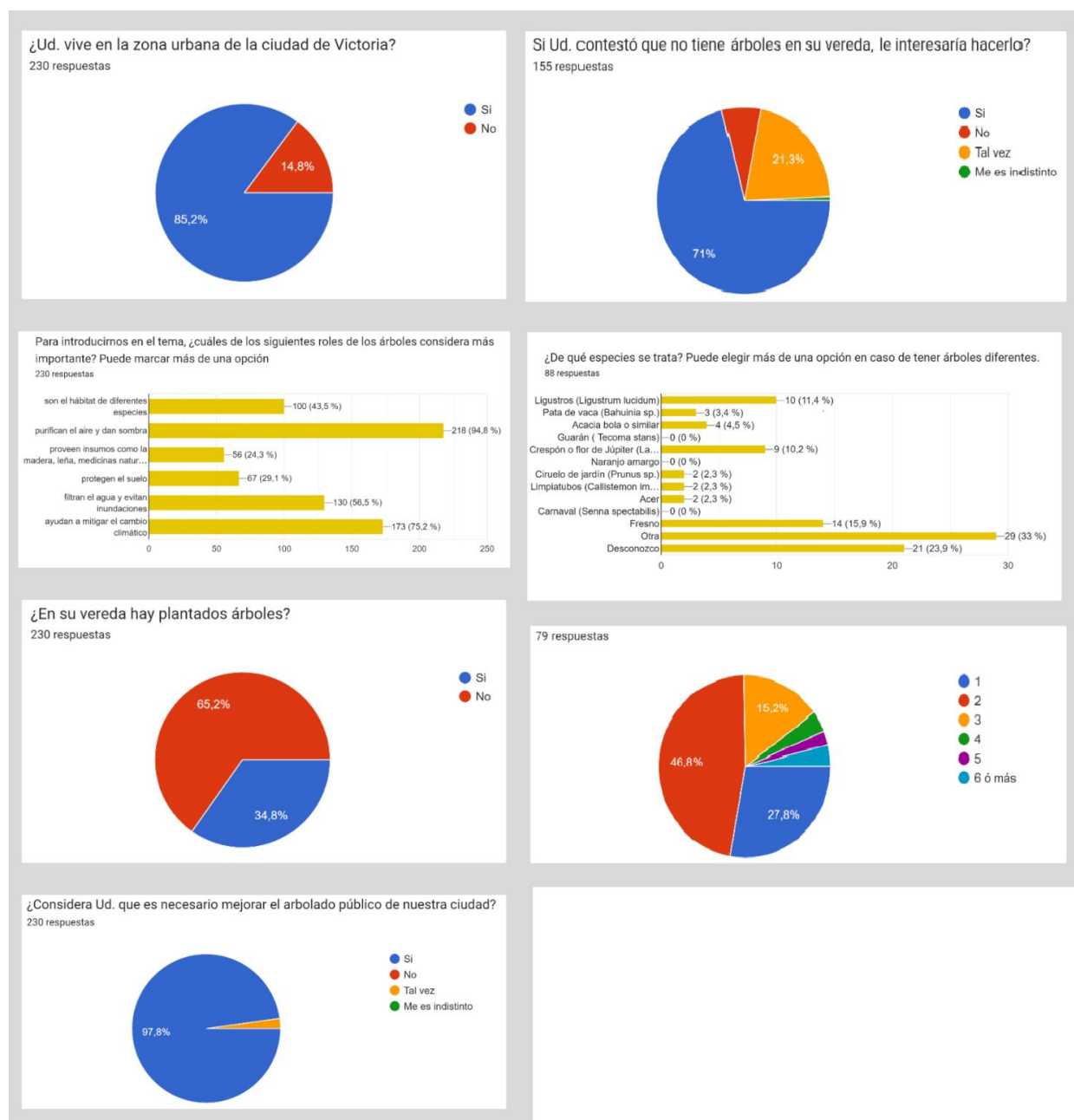


Figura 27: Resultados de la encuesta a los habitantes de la ciudad de Victoria-Entre Ríos-Argentina.
Fuente: creación propia.



*Figura 28: Fotografías de la zona central de la ciudad de Victoria-Entre Ríos-Argentina.
Fuente: autoría propia.*

vis.globe.gov/GLOBE/

Site: Chacabuco 214

GLOBE Visualization System

Measurements Data Counts School Info Site Info Photos

Colegio de la Mesopotamia : Chacabuco 214 Data Table

School Name	Site Name	Userid	Latitude	Longitude	Elevation	Measured At	Solar Measured At	Solar Noon At	Average Surface Temperature
Colegio de la Mesopotamia	Chacabuco 214	69660567	-32.62584	-60.15594	51.1	2023-11-27 18:21:00	2023-11-27 14:33:00	2023-11-27 15:48:00	46.6
Colegio de la Mesopotamia	Chacabuco 214	69660567	-32.62584	-60.15594	51.1	2023-11-27 18:25:00	2023-11-27 14:37:00	2023-11-27 15:48:00	24.3
Colegio de la Mesopotamia	Chacabuco 214	69660567	-32.62584	-60.15594	51.1	2023-12-22 15:45:00	2023-12-22 11:45:00	2023-12-22 15:59:00	21.9
Colegio de la Mesopotamia	Chacabuco 214	69660567	-32.62584	-60.15594	51.1	2023-12-22 15:40:00	2023-12-22 11:40:00	2023-12-22 15:59:00	32.3

Figura 29: Temperaturas superficial y de aire en el mismo sitio de estudio a la sombra de un árbol y al sol.

Fuente: <https://vis.globe.gov/GLOBE/>

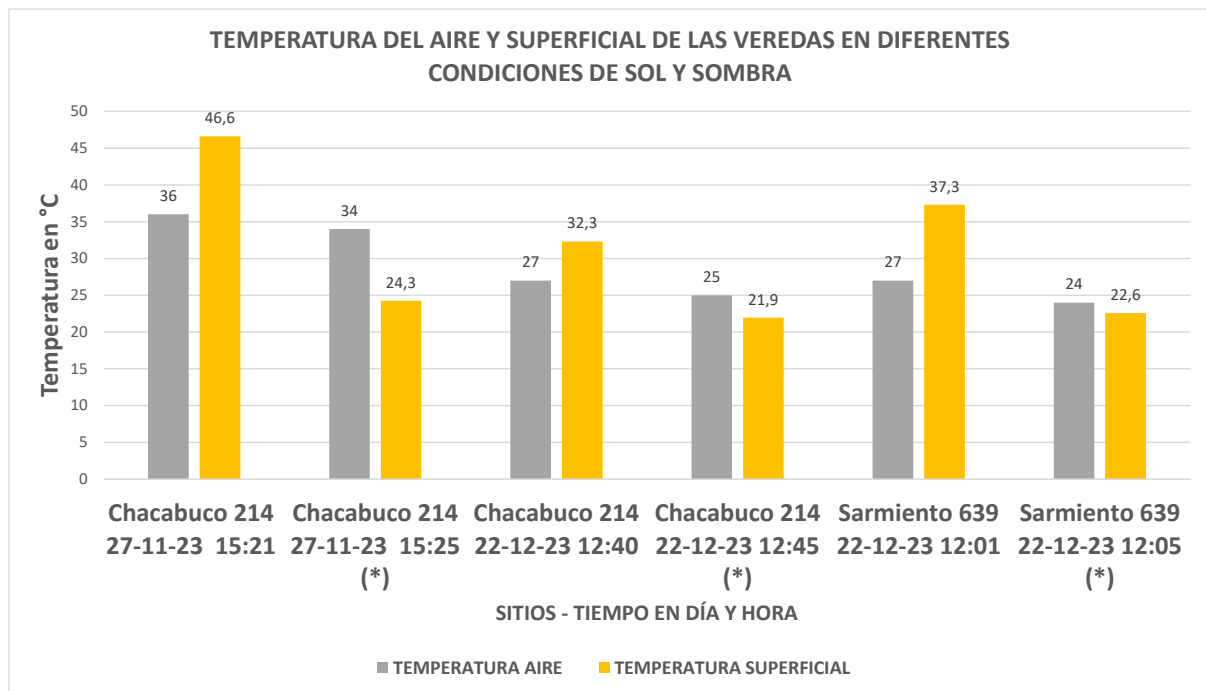


Figura 30: Se comparan las temperaturas del aire y superficial de tres sitios en situaciones diferentes: a la sombra de un árbol y al sol. Los datos que contienen un asterisco (*) son los que se tomaron a la sombra de un árbol. Los datos de este gráfico fueron extraídos de la Tabla 2 que se encuentra en el anexo.

Fuente: creación propia.

5. ANÁLISIS Y RESULTADOS:

En el experimento n°1 sobre el efecto del calor de los rayos solares se observa que, en las mismas coberturas de suelo, el agua del vaso que estaba expuesto a los rayos solares elevó más su temperatura que su equivalente a la sombra.

Se puede ver en la primera gráfica de los vasos que se encontraban sobre la tierra desnuda, el que se encontraba al sol a las 12:19 hs. su agua estaba a 25°C, mientras que el de la sombra un minuto antes estaba a 21°C. Lo mismo ocurría con las temperaturas del aire y superficial, ambas eran más elevadas al sol que en la sombra. Eso se repite en el resto de la gráfica (*ver figuras 10 y 11*).

En el caso de los vasos que estaban sobre material de construcción, vereda de cemento, la temperatura del agua del vaso a la sombra nunca superó los 25°C, en cambio al sol llegó a los 29°C. El mismo comportamiento tuvo la temperatura del aire y superficial observándose que en el sitio expuesto al sol fueron más elevadas que a la sombra. A las 12:41 hs. la temperatura del aire llegó a los 32 °C al sol y a 26°C a la sombra. El promedio de la temperatura superficial en ese horario fue de 24,71°C al sol y de 13,68°C a la sombra. Este último dato deja en evidencia como el cemento adquiere una mayor temperatura (*ver figuras 12 y 13*).

En los vasos de agua sobre la cobertura del suelo con hierbas también hubo diferencias entre los valores al sol y a la sombra. En esta experiencia se pudo además usar un termómetro de suelo. Se puede apreciar que la temperatura del suelo bajo cubierta de hierbas es mucho más estable y no tiene tanta variación, lo que podría significar algo muy positivo para los seres vivos que habitan allí (*ver figuras 14 y 15*).

Luego se hizo una comparación de la variación de la temperatura del agua en los diferentes vasos donde se puede observar que en los 3 que se encontraban al sol, independientemente de su cobertura terrestre lograron mayores temperaturas que los 3 ubicados a la sombra (*ver figura 16*).

Con respecto a la variación de la temperatura del aire también se observa la misma tendencia, es decir que el aire expuesto al sol presenta mayor temperatura que sin exponerse a él. Lo mismo puede observarse al comparar los promedios de las temperaturas superficiales (*ver figuras 17 y 18*).

En el experimento N°3, que corresponde a las variaciones de la temperatura superficial, comparamos dichas temperaturas en diferentes coberturas, en presencia y ausencia de los rayos del sol (*ver figura 20*). Se puede observar en la gráfica que en el día

26 de julio 2023 la temperatura superficial en las distintas coberturas no tenía tanta diferencia, esto podría ser debido a que la temperatura del aire de ese día fue de 12°C. En las siguientes mediciones las variaciones fueron mayores. Las temperaturas superficiales medidas al rayo de sol (columnas rosadas, celeste y verde) fueron mayores que las observadas a la sombra. Las temperaturas superficiales en cobertura de suelo desnudo y de mampostería fueron mayores que en cobertura con hierbas. Corresponde a esos días temperaturas del aire mayores (*ver tabla 1*).

Estas diferencias de temperatura del aire y superficial las pudimos observar también en nuestras salidas por las veredas de la ciudad. Si comparamos la temperatura del aire en la sombra de un árbol y fuera de ella, las diferencias son de 2 a 3°C, es decir que a la sombra dicha temperatura es menor que la tomada al sol. Esta diferencia se hace muy notoria al comparar las temperaturas superficiales sobre la vereda bajo la sombra de un árbol y fuera de ella, allí se observan diferencias de temperatura mayores, de 22,3°C el 27 de noviembre y de 10,4 y 14,7°C el 22 de diciembre. La misma situación, pero menos marcada, se observa en una vereda con cobertura de hierbas y con cobertura de material, donde la diferencia observada es de 4,3°C (*ver figuras 29 y 30 y tabla 2 del ANEXO 3*).

Los árboles que se midieron en la ciudad se clasificaron en dos grupos, los de las plazas y los de las veredas. Luego se ordenaron de menor a mayor teniendo en cuenta la altura y la circunferencia del tronco, lo que permite calcular diferentes medidas para poder llegar a conclusiones más certeras. Se calcularon la media aritmética y la mediana.

Con respecto a las plazas, se midieron 32 árboles en tres plazas diferentes -Plaza San Martín, Plaza Merceditas y Plaza Moreno - ya que son las más cercanas al colegio. Estos árboles son en su mayoría de especies diferentes y salvo *Tecoma stans*, *Ceiba speciosa* y *Jacaranda mimosifolia*, el resto son especies exóticas. Con respecto a la altura, el promedio o media aritmética de este grupo de árboles es de 11,08 metros y la mediana es de 9,615 metros; en cuanto a la circunferencia de sus troncos, en este caso se tiene los datos de 30 ejemplares y el promedio es de 155,30 centímetros y la mediana es de 145 cm. En el caso de la altura de estos árboles consideramos mejor la utilización de la mediana ya que no está influenciada por los extremos, y como se observa en el gráfico hay un ejemplar de 30 metros que sobreestimaría nuestro promedio (*ver figuras 21 y 22*).

En relación a los árboles de las veredas se colectaron los datos de 53 árboles, de los cuales algunos no fueron identificados debido a que las mediciones fueron hechas únicamente por los estudiantes. Con respecto a la altura, la media aritmética de este grupo de árboles es de 5,60 metros y la mediana es de 4,93 metros; en cuanto a la circunferencia de sus troncos, en este caso se tiene los datos de 40 ejemplares y el promedio es de 71,64

centímetros y la mediana es de 48,5 cm. Utilizaremos a la mediana como medida de tendencia central ya que, hay algunos datos extremos que distorsionan a la media (*ver figuras 23 y 24*).

De estas medidas de tendencia central se puede observar que los árboles de las plazas duplican la altura y triplican la circunferencia del tronco a los de las veredas. Esto es debido a que las plazas fueron arboladas hace muchos años atrás, lo que se contrapone con el arbolado de las veredas que corresponden a un proyecto reciente. También medimos algunos árboles plantados recientemente en las veredas que por su tamaño no se pueden ingresar a los datos de GLOBE; si los tuviéramos en cuenta la diferencia sería mayor, ya que se trata de árboles jóvenes cuya altura no supera los 2,5 metros.

Análisis de los resultados de la encuesta:

De la encuesta a los ciudadanos de Victoria, donde obtuvimos hasta la fecha 230 respuestas, se puede observar que el 85.2% vive en el área urbana y el resto en el ejido suburbano. De todos los roles que cumplen los árboles que menciona la Asociación de Vida Silvestre ningún habitante ha elegido a todos, sino que le dan diferentes órdenes de importancia. Se detalla cuáles fueron los más votados:

- purifican el aire y dan sombra (94,8%)
- ayudan a mitigar el cambio climático (75,2%)
- filtran el agua y evitan inundaciones (56,53%)
- son el hábitat de diferentes especies (43.5%)
- protegen el suelo (29.1%)
- proveen insumos como la madera, leña, medicinas naturales y alimentos (24,3%)

El 97,8 % de los encuestados considera que es necesario mejorar el arbolado público de nuestra ciudad y un bajo porcentaje, (2,2%) cree que tal vez, pero nadie está en desacuerdo.

De todos los encuestados el 65,2% no tiene árboles en la vereda, los que sí tienen, 34,8%, varios de ellos viven en áreas suburbanas, donde las veredas son más anchas que en la zona del centro de la ciudad. Dentro de este porcentaje de ciudadanos que tienen árboles en sus veredas, el 27,8% tiene uno solo, el 46,8% tiene dos, el 15,2% tiene tres y el 10,2% restantes tiene cuatro o más árboles. Las personas que responden a la especie de árbol que tienen lo hacen en un bajo porcentaje, las opciones más elegidas son “otra” 33% y “desconozco” 23,9%.

De los 150 ciudadanos que no tienen árboles en sus veredas, el 71% le interesaría hacerlo, el 21,3% responde que tal vez, 7,1% responde que no y el 0,6% manifiesta que le es indistinto.

6. DISCUSIÓN:

De las experiencias que se realizaron para evaluar cómo actúan los rayos solares sobre diferentes superficies podemos inferir que hay una relación directa entre el aumento de la temperatura superficial y la acción del sol. Se pudo observar que hay superficies que absorben más temperatura que otras, por ejemplo, el suelo desnudo y la mampostería superan las temperaturas superficiales de los sitios cubiertos de hierbas. Esto pone en evidencia que la superficie foliar de las plantas actúa reflejando la luz del sol y a su vez no absorbe el calor de los rayos solares de igual forma que el suelo desnudo o las construcciones.

El experimento N°1 deberíamos repetirlo porque no tuvimos en cuenta cómo variaba la cobertura de nubes durante la experiencia, ya que su presencia y el tipo de nubes, podría haber alterado los resultados. A partir de las 13 hs. se nota una disminución de las temperaturas en general que podría deberse al aumento de la cobertura de nubes.

Dentro de las amenazas identificadas en el Plan Estratégico Territorial Victoria (2018, pag.110) se nombran entre otras, la falta de cobertura vegetal natural y la construcción indiscriminada, lo que está en concordancia con las diferentes fuentes que relacionan la falta de árboles y la presencia de superficies no naturales como una consecuencia de la elevación de la temperatura del aire y de la superficie en las áreas urbanas.

En la encuesta se nota la falta de información que tiene la ciudadanía con respecto a las diferentes funciones que cumplen los árboles, dándole mayor importancia a unas sobre las otras. Estas funciones fueron corroboradas por el Ing.Agrónomo Raúl Brasesco en su charla informativa sobre el arbolado urbano en la ciudad de Victoria, el Ing.Agrónomo Nicolás Del Valle, docente de ecología de nuestro colegio y la Ing.Agrónoma Elisa Dalgarrondo en su exposición sobre “arbolado urbano en la estrategia de adaptación al cambio climático” durante el webinar N°9 de la Campaña “Árboles dentro de LAC”. Por otro lado, la gran mayoría está de acuerdo con la necesidad de mejorar el arbolado público dentro de la ciudad.

Con motivo de cumplir uno de los objetivos de nuestra investigación, es decir determinar si la ciudad de Victoria se comporta como una isla de calor urbana, hicimos dos salidas, una en noviembre y otra en diciembre. En ellas medimos temperatura del aire y superficial y velocidad del viento en diferentes áreas del centro de la ciudad y en zonas aledañas hasta la periferia. En dos de esos sitios de medición se encuentran árboles

plantados en las veredas, por lo que en ellos medimos esos parámetros a la sombra de los árboles y fuera de ella. También pudimos medir en uno de los sitios una vereda con concreto y hierbas, para así comparar diferentes coberturas. En estas mediciones se observan diferencias, tanto en las temperaturas del aire como en las superficiales, como lo hemos mencionado en el ítem análisis y resultados y se pueden ver de forma completa en la tabla 2 del ANEXO 3 . Estos datos apoyan nuestra hipótesis ya que se pueden observar diferencias en las mediciones a la sombra de los árboles con relación a las hechas a la exposición de los rayos solares.

7. CONCLUSIÓN:

Nuestro trabajo de investigación cuenta con dos secciones; por un lado, la que pone en evidencia el efecto de la superficie foliar de las hierbas en reflejar la luz del sol, disminuyendo así el aumento de la temperatura superficial. Esto se demuestra en el experimento N°1 y en nuestras mediciones dentro del radio de la sombra de un árbol y fuera de él realizados en las veredas de la ciudad. En la segunda sección ponemos en evidencia la falta de arbolado público en las veredas a través de fotografías y visualización de datos de GLOBE (*ver figura 25, 28, 33 y 34*); demostramos que la altura y circunferencia de los troncos de los mismos es menor que la de los árboles de las plazas, lo que concuerda con lo comentado por el Ingeniero Agrónomo del INTA, que el proyecto de arbolado público de la ciudad nace hace aproximadamente hace 4 o 5 años atrás y la ordenanza Municipal de la ciudad con fecha de aprobación en el año 2019.

Como observamos en las figuras 29 y 30, hay una diferencia significativa entre las temperaturas superficiales sobre el concreto entre los lugares a la sombra de un árbol o fuera de ella. Esta diferencia es menos notoria en la temperatura del aire donde sólo tuvimos una diferencia de 2 a 3°C. En las veredas con cobertura de hierbas la temperatura superficial también es menor a la cobertura de concreto. Estos datos demuestran como la superficie foliar refleja los rayos solares evitando que los mismos lleguen al suelo. De esta forma, todas las áreas de construcción que se encuentren a la sombra de un árbol, absorben menor cantidad de calor, evitando también que luego cedan ese calor al aire, determinando que nuestra hipótesis es correcta. Reducir la temperatura de la ciudad es importante para evitar los efectos adversos como los golpes de calor que ponen en riesgo la salud humana, en particular de niños y personas mayores. Por otro lado, las altas temperaturas pueden generar malestar no solamente a la población humana sino además a la fauna que aún coexiste en la ciudad, como por ejemplo algunas aves.

Las áreas urbanas tienen superficies secas e impermeables, como techos, veredas y calles; a medida que se desarrollan las ciudades, se pierde más vegetación y se pavimentan

o cubren más superficies con edificios. Este cambio proporciona menos sombra y humedad para mantener las áreas frescas. Las áreas construidas evaporan menos agua, lo que contribuye a elevar las temperaturas de la superficie del suelo y del aire.

Resulta indispensable que el Municipio y los ciudadanos revean la importancia que tienen los árboles en nuestra vida cotidiana. Nuestros datos indican que evitando la llegada de los rayos solares a las áreas de material de construcción se evita el aumento de la temperatura. Por lo tanto, tenemos que centrarnos en la cobertura vegetal, como los árboles y la vegetación en general, porque dan sombra. También reducen la temperatura del aire a través de un proceso llamado evapotranspiración, en el que la planta libera agua al aire circundante, regulando el calor ambiental. Al decir esto, debemos tener en cuenta que los árboles y plantas que dan sombra son importante para las ciudades y pueblos, porque el calor elevado puede ser peligroso en particular para la salud humana y animal, pero también para el mismo entorno que nos rodea.

En cuanto al tipo de árboles a ser plantados debemos respetar las especies sugeridas por los profesionales, es decir que no logren tener un gran tamaño en su copa, debido a las veredas angostas de la ciudad, y que no tengan raíces muy prominentes para evitar el levantamiento de veredas y rupturas de cañerías. Dentro de las especies que cumplen estos requerimientos sería conveniente priorizar las especies autóctonas ya que por un lado tienen una mejor adaptación al ambiente, pero también benefician las interacciones bióticas con otros seres vivos.

Determinar si nuestra ciudad se comporta como una isla urbana de calor necesita de una mayor cantidad de datos, es decir que lo que hemos relevado hasta la fecha no son suficientes para demostrar o rechazar este punto. Creemos que este interrogante da lugar a una nueva investigación donde se puedan no solamente relevar más datos, sino también tener en cuenta otras variables como cobertura nubosa, vientos, época del año, presión atmosférica, entre otros parámetros.

Líneas de acción:

La Municipalidad debería incentivar la plantación de árboles, pero consideramos que esto debería estar acompañado del estudio de las diferentes zonas de la ciudad y de los tendidos de la red de gas, cloacas y agua potable y el cableado eléctrico, de telefonía y televisión por cable. Como respondió un ciudadano en la encuesta “este tema debe ser tomado con todos los recaudos posibles, porque no se trata de arbolar una calle y otra por tener sombra o porque quede lindo”.

Si queremos que para el año 2030 nuestra ciudad alcance algunos de los objetivos de desarrollo sostenible deberá plantar en breve la mayor cantidad de árboles posibles, ya que, según el Ing.Agrónomo Raúl Brasesco, el cambio se podrá ver recién en 5 a 10 años según las especies de árboles que se planten.

Como proyección futura pensamos que sería bueno hacer un folleto donde se promueva la plantación de determinadas especies en las veredas y que además contenga los cuidados básicos para que cada árbol logre llegar a un buen tamaño.

También pedimos la autorización de los dueños del edificio del colegio para dar un paso en la iniciativa y plantar algunos ejemplares en la vereda.

En el mes de septiembre del 2023 comenzamos a hacer plantines de diferentes árboles. Recolectamos semillas de árboles adultos y nos informamos en cómo mejorar su germinación. Priorizamos los nativos, pero también germinamos algunas especies exóticas ya implantadas en nuestro país. Dicho proyecto lo estamos haciendo en cooperación con algunos alumnos de 3° año A. La idea es plantarlos luego en el terreno del nuevo edificio del colegio y en caso de que logremos hacer muchos plantines podremos donarlos a la comunidad para ser plantados por los vecinos en las veredas, realizar un sendero de árboles autóctonos en la costanera de la ciudad, aumentar la población de árboles en las plazas, etc.

. Dentro de las pautas de mejoramiento a la comunidad, es importante que en la nueva urbanización de la ciudad se mejore el ancho de las veredas para que sean más aptas para plantar árboles y tener césped en vez de material de construcción. Esto es un hecho visible en los barrios nuevos y las zonas urbanas más alejadas a la zona del centro (*ver figura 35*). Con respecto al área del centro de la ciudad, se podría considerar la construcción de corredores verdes. Esto implica ensanchar las veredas para mejorar el arbolado, reducir las calles a solo media calzada, permitiendo la circulación de vehículos en un único carril y eliminando el estacionamiento en esa zona (*ver figura 43*). Con el objetivo de alcanzar un ambiente más sostenible en el centro de la ciudad, se espera que los expertos propongan soluciones innovadoras que beneficien a la comunidad. Esto permitiría a los habitantes disfrutar de un espacio urbano más saludable y armonioso, generando un impacto positivo en la calidad de vida de todos.

AGRADECIMIENTOS:

Queremos agradecer al equipo directivo por brindarnos el tiempo necesario para realizar todas las experiencias necesarias para este proyecto y a los estudiantes de otros cursos que participaron en la toma de datos.

Un agradecimiento especial a la Licenciada en Ciencias Físicas Marta Risso por ayudarnos en las diferentes experiencias que contenían principios físicos, y a los estudiantes de 6° año del Nivel Secundario, Juliana Toriggino y Agustín Cabrera, que nos dieron una clase sobre energía térmica, temperatura y calor para una mejor comprensión, dado que son temas que se estudian en años superiores.

Agradecemos la visita del Ingeniero Agrónomo Raúl Brassesco y su charla sobre el arbolado público en la ciudad.

Un reconocimiento a Liliana Vivas por su ayuda incondicional en cada momento que la necesitamos, tanto en la compaginación como en la redacción del proyecto. También, queremos expresar nuestro agradecimiento a Agustina Moleres y Agustina Mundani, quienes colaboraron en la corrección de la traducción del proyecto al idioma inglés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Aprovechamiento de la inercia térmica del hormigón para el ahorro energético de los edificios, Universidad Tecnológica Nacional. La Plata, Argentina vol. 3, e018, 2021 Recuperado el 2 de julio del 2023 de <http://portal.amelica.org/ameli/journal/266/2662024006/>

Autores del equipo de Expedición Ciencia (2012) Asociación Civil Expedición Ciencia Recuperado de <https://expedicionciencia.org.ar/wp-content/uploads/2015/04/C%C3%B3mo-medir-el-calor.pdf>

Autores varios (2003) Gran Atlas de la República Argentina y del mundo. Editorial Planeta De Agostini Argentina. Buenos Aires, Argentina.

Brassesco, R. (30 de agosto de 2023). Conversatorio sobre el Proyecto de arbolado público en la ciudad de Victoria. Recuperado de https://drive.google.com/file/d/1Jrlbwzb3XNhZKjDbw7_cy_NUSBIR1WS2/view?usp=drive_link

Dalgalarondo, E. (26 de octubre de 2023). Conversatorio sobre el Arbolado Urbano en la Estrategia de adaptación al cambio climático. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=si5ixZY167A>

Del Valle, N. (11 de septiembre de 2023). Conversatorio. Recuperado de https://drive.google.com/file/d/1QUwmSeTaw1CSiKp43x6Zt8SGYje__fe0/view?usp=sharing

Fundación Vida Silvestre Argentina (<https://www.vidasilvestre.org.ar/>)

GIFEX, Mapa ambiental de la provincia de Entre Ríos. Recuperado el 26 de julio 2023 de https://www.gifex.com/America-del-Sur/Argentina/Entre_Rios/Tematicos.html

Gómez Arias, V. (2020) Beneficios de los árboles en el confort térmico de las viviendas. Universidad EIA. Recuperado el 2 de julio del 2023 de https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/4008/GomezValentina_2021_BeneficiosArbolesConfort.pdf?sequence=8&isAllowed=y

La Gaceta. (s.f.). Ensanchan veredas en Buenos Aires en la primera cuadra. Recuperado de <https://www.lagaceta.com.ar/nota/601405/sociedad/ensanchan-veredas-buenos-aires-primera-cuadra.html>

Ministerio de Educación Presidencia de la Nación. Recuperado de <https://mapoteca.educ.ar/>

Municipalidad de Victoria. Recuperado de www.victoria.gob.ar

Nubes y clima Laboratorio de ciencias físicas Recuperado el 6 de julio 2023 de https://psl.noaa.gov/outreach/education/science/clouds_and_climate.html

Protocolos de investigación atmosféricos (2005) Recuperado de https://www.globe.gov/documents/10157/381040/atmo_chap_es.pdf

Protocolos de investigación de la biósfera (2005) Recuperado de https://www.globe.gov/documents/10157/381040/land_chapter_es.pdf

Science Bits Plataforma educativa (<https://science-bits.com.ar>)

Secretaría de Planificación Territorial y Coordinación de Obra Pública (2018) Plan Estratégico Territorial VICTORIA Provincia Entre Ríos. Recuperado el 22 de julio del 2023 de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_estrategico_territorial_victoria.pdf

Turismo Entre Ríos. (s.f.). Mapa de la ubicación de la provincia de Entre Ríos [Mapa]. Recuperado el 22 de enero del 2024, de <https://www.turismoentrierios.com/provincia/limites.htm>

U.S. Environmental Protection Agency. 2008. "Urban Heat Island Basics." In: Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Draft. <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>.

ANEXO 1: Insignias seleccionadas

Solucionador de problemas

Elegimos esta insignia porque a medida que fuimos trabajando en el proyecto nos dimos cuenta que la falta de arbolado público en las veredas promueve el cambio climático de origen antrópico, ya que las superficies construidas superan las áreas verdes de la ciudad, en particular del área del centro y alrededores. Para evitar este problema una solución básica es aumentar la cantidad de árboles en las veredas. Por este motivo es que en algunas de nuestras salidas fuimos recolectando semillas de diferentes especies arbóreas para germinar y realizar plantines que luego de determinado tiempo, según los cuidados y su variedad, puedan ser plantados en la ciudad. Este trabajo será acompañado con un folleto explicativo sobre la importancia de los árboles con sus servicios ecosistémicos y los cuidados particulares en caso de que algún vecino quiera plantar un ejemplar en la vereda.

Impacto a la comunidad

Elegimos esta insignia porque nos planteamos como problemática la falta de arbolado público en las veredas de nuestra ciudad, en particular la zona centro y sus alrededores, y a partir de ello, comenzamos un camino que creemos que dejará nuestra huella en la comunidad.

Lo primero fue consultar a los ciudadanos sobre esta problemática y la necesidad de solucionarla. Luego a través de los alumnos Agustín López Forlese y Ulises Julio, de 5° año del nivel secundaria, presentamos una modificación de la ordenanza de arbolado público en el Consejo Deliberante de la ciudad. De esta forma se le dio un nuevo impulso a dicha ordenanza y se le hicieron algunas modificaciones como priorizar árboles nativos y eliminar dentro de las especies sugeridas, algunas que son muy invasivas y que hoy ya son un problema en nuestros bosques nativos. También sugerimos la importancia de darle prioridad al proyecto para poder cumplir con los ODS en tiempo y forma. El Consejo Deliberante estuvo muy interesado en el proyecto por lo que suponemos que será aprobado en el transcurso del año 2024.

Por último, el comenzar a hacer plantines de diferentes especies arbóreas como una forma de colaboración en este proyecto, es una manera de dar un impacto sobre la sociedad y la comunidad.

Profesional STEM

Elegimos esta insignia porque durante el proyecto tuvimos la colaboración a través de charlas técnicas de dos ingenieros agrónomos que nos aportaron datos sobre la importancia

del arbolado público. Entre ellas, nos explicaron los servicios ecosistémicos de los árboles, sus ventajas, la elección de especies para disminuir las problemáticas a futuro como el levantamiento de veredas o su tamaño final debido a que las veredas de esta ciudad en el área del centro y alrededores son muy angostas. También uno de ellos fue el que participó en el proyecto inicial que dio origen a la ordenanza municipal N°3797 sobre el arbolado público, por lo cual nos pudo informar más detalles de la planificación arbórea.

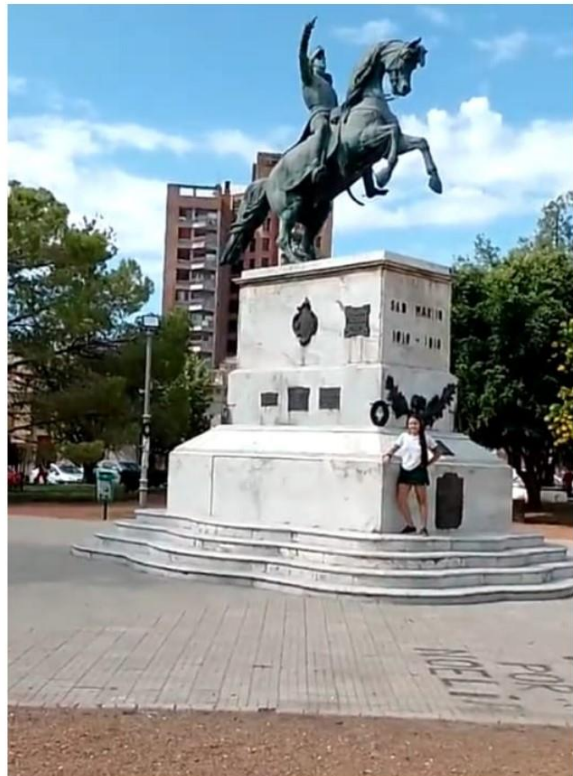
Para poder llevar a cabo el estudio de campo, donde queríamos demostrar la acción de los rayos solares en diferentes superficies y compararlo con la misma cobertura terrestre, pero a la sombra, consultamos a la licenciada en física quien nos orientó en cómo realizar la parte experimental donde utilizaríamos los protocolos GLOBE. Por otro lado, ella fue quien asesoró las charlas que prepararon los alumnos de 6° año para que nos explicaran todo lo que no sabíamos sobre rayos solares, transmisión de calor y ondas, en particular las referidas al sol.

ANEXO 2: Fotografías tomadas a lo largo de todo el proyecto



Figura 31: Alumnos de 1° año A y B.

Fuente: autoría propia



*Figura 32: Midiendo árboles en las plazas utilizando los protocolos GLOBE de altura y circunferencia de los troncos
Fuente: autoría propia*



*Figura 33: Fotografías de la zona centro de la ciudad de Victoria, Entre Ríos, Argentina.
Fuente: autoría propia.*



*Figura 34: Fotografías de la zona centro de la ciudad de Victoria, Entre Ríos, Argentina.
Fuente: autoría propia.*

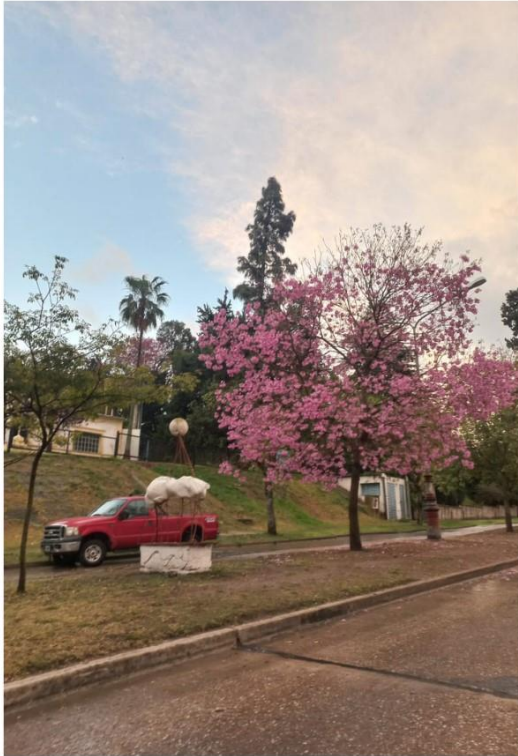


Figura 35: Calles y veredas más anchas en las zonas alejadas del área del centro y boulevards que atraviesan o rodean la ciudad.

Fuente: autoría propia.

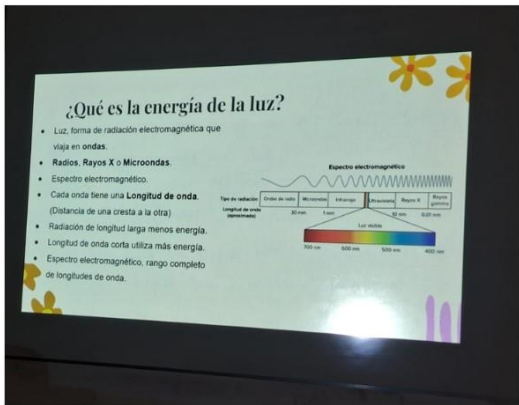


Figura 36: Charlas con alumnos más avanzados del nivel secundario y entrevistas con diferentes profesionales.
Fuente: autoría propia



*Figura 37: Midiendo altura de los árboles de forma manual.
Fuente: autoría propia.*



Figura 38: Confección de la maqueta de la ciudad para ubicar las especies arbóreas.
Fuente: autoría propia.

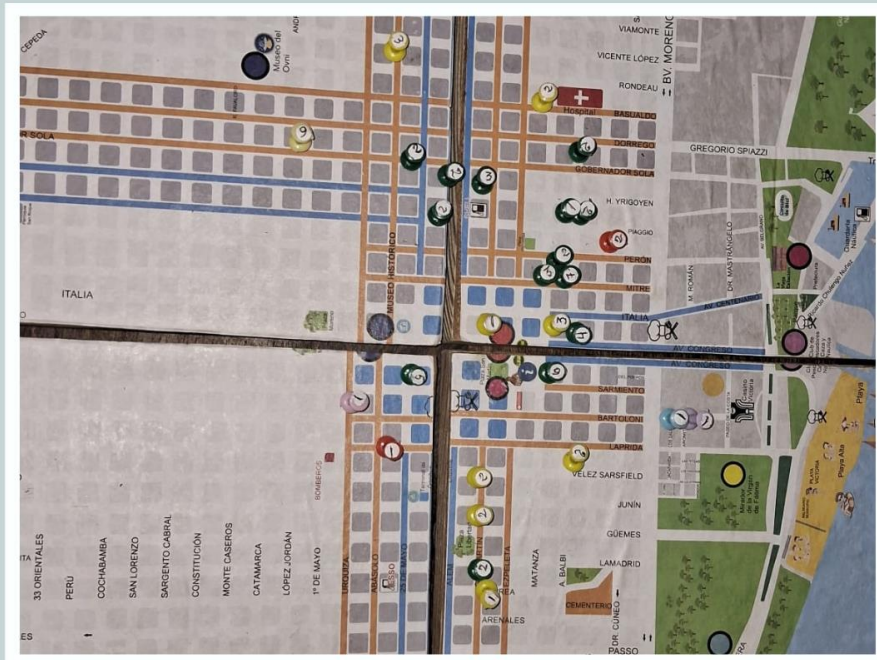


Figura 39: Maqueta en confección: cada color de pin indica una especie arbórea y el número superior indica la cantidad que hay en una cuadra.
Fuente: autoría propia.

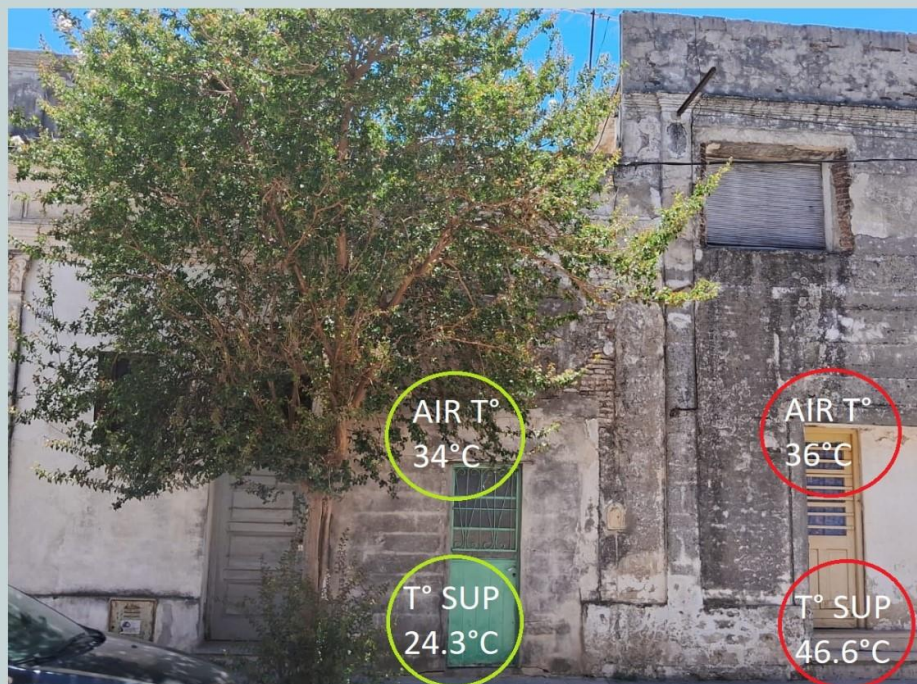


Figura 40: En el sitio “Chacabuco 214” comparación de las mediciones de temperatura del aire y superficial a la sombra de un árbol Lagerstroemia indica, de 5.64 metros de altura, y fuera de ella. La primera foto corresponde al 27-11-23 y la segunda al 22-12-23. Fuente: autoría propia.



Figura 41: En el sitio "Sarmiento 639" comparación de las mediciones de temperatura del aire y superficial a la sombra de un árbol *Ligustrum lucidum*, de 5.06 metros de altura, y fuera de ella. La medición es del día 22-12-23.

Fuente: autoría propia.

ANEXO 3: Tabla con los sitios de estudio de temperaturas y coberturas terrestres.

Tabla 2: sitios, con sus latitudes, longitudes y altura con todos los datos de temperatura del aire y superficial, velocidad y dirección del viento y sus coberturas terrestres. Se comparan datos relevados en el mismo sitio a la sombra y al sol y con diferentes coberturas superficiales.

IDENTIFICACIÓN DEL SITIO	Latitud	Longitud	Elevación	Fecha	Medición	Temperatura del aire	Temperatura superficial	Diferencias de temperatura superficial	Viento	Dirección	Cobertura terrestre	Condiciones	Comentario
NOMBRE DEL SITIO					Hora Local	°C	°C	en °C	m/s				
Chacabuco 214	-32,62584	-60,15594	51.1	27/11/2023	15:21	36	46,6	22,3	1,7	NE	Concreto	Seco	Sol
Chacabuco 214	-32,62584	-60,15594	51.1		15:25	34	24,3		Seco	1,7	NE	Concreto	Seco
Congreso 239	-32,62420	-60,16070	44.3		15:13	37	49,1	Seco	1,1	NE	Concreto	Seco	Sol
Espeleta 73	-32,62107	-60,15919	61.8		14:20	36	47,2	Seco	1,7	NE	Concreto	Seco	Sol
Irigoyen 550	-32,62350	-60,15160	53.2		14:10	37	55,7	Seco	1,3	NE	Concreto	Seco	Sol
Sarmiento 639	-32,62146	-60,15841	61.4		14:30	35	51,8	Seco	2,7	NE	Concreto	Seco	Sol
Sarmiento 869	-32,61630	-60,15110	40.0		14:40	37	49,6	Seco	1,4	NE	Concreto	Seco	Sol
Sarmiento sn	-32,61630	-60,15110	40.0		14:50	35	45,9	Seco	1,1	NE	Concreto	Seco	Sol
Sarmiento y Bv Lavalle	-32,61360	-60,14710	37.7		15:09	34	48,3	Seco	1,6	NE	Concreto	Seco	Sol
Chacabuco 214	-32,62584	-60,15594	51.1		12:40	27	32,3	10,4	1,3	NE	Concreto	Seco	Sol
Chacabuco 214	-32,62584	-60,15594	51.1	12:45	25	21,9	Seco		2,3	NE	Concreto	Seco	Sombra
Congreso 239	-32,62420	-60,16070	44.3	12:39	27	38,9	Seco	1,4	NE	Concreto	Seco	Sol	
Espeleta 73	-32,62107	-60,15919	61.8	13	26	32,6	Seco	1,9	NE	Concreto	Seco	Sol	
Irigoyen 550	-32,62350	-60,15160	53.2	11:42	25	42,6	Seco	1,4	NE	Concreto	Seco	Sol	
Sarmiento 639	-32,62146	-60,15841	61.4	12:01	27	37,3	14,7	2,5	NE	Concreto	Seco	Sol	
Sarmiento 639	-32,62146	-60,15841	61.4	12:05	24	22,6		Seco	2,5	NE	Concreto	Seco	Sombra
Sarmiento 869	-32,61630	-60,15110	40.0	12:11	25	45,6	Seco	1,5	NE	Concreto	Seco	Sol	
Sarmiento sn	-32,61630	-60,15110	40.0	12:18	24	39,2	4,3	1,8	NE	Concreto	Seco	Sol	
Sarmiento sn	-32,61630	-60,15110	40.0	12:22	24	34,9		Seco	1,8	NE	Hierba	Seco	Sol
Sarmiento y Bv Lavalle	-32,61360	-60,14710	37.7	12:30	25	46,9	Seco	0	NE	Concreto	Seco	Sol	

Fuente: creación propia

ANEXO 4: Ubicación de los sitios de medición de las temperaturas del aire y superficial en el plano de la ciudad

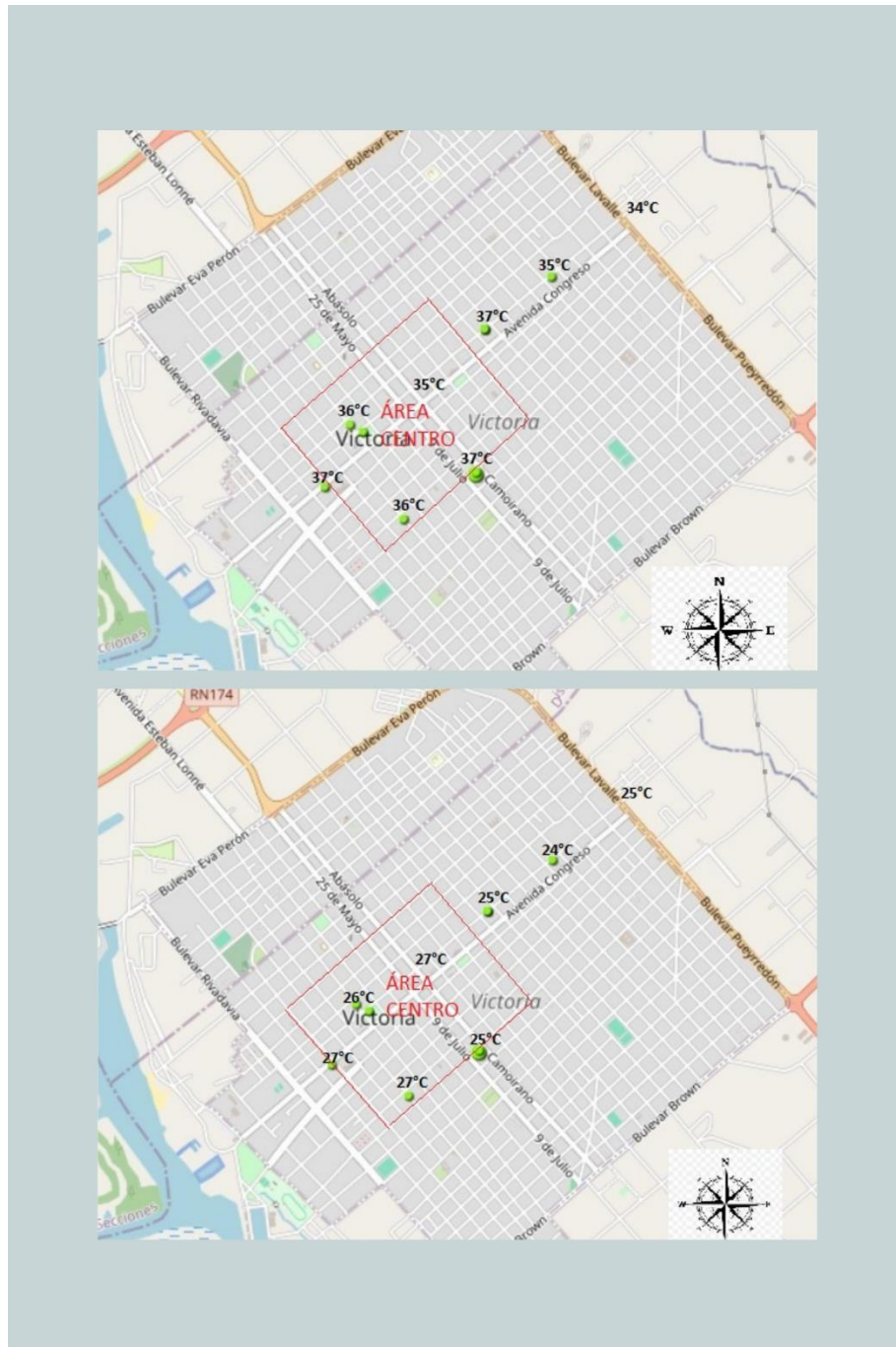


Figura 42: Mediciones de la temperatura del aire en diferentes sectores de la ciudad. El plano superior corresponde al 27 de noviembre y el inferior al 22 de diciembre del 2023. Fuente: <https://vis.globe.gov/GLOBE/>.

ANEXO 5: Diseño de un corredor verde o peatonalización



Figura 43: Ensanchamiento de veredas para poder realizar plantación de árboles.

Fuente: <https://www.lagaceta.com.ar/nota/601405/sociedad/ensanchan-veredas-buenos-aires-primera-cuadra.html>

Title:

A shade for Victoria City

Students:

1st YEAR A	1st YEAR B
ACCINELLI, Ana	AGUIRRE, Tobías
ALLASINO, Ángeles	ALBORNOZ, Jazmín
BAINOTTI BUZZI, Victoria	BASA PIEDRABUENA, Juana
CALABRESE, Ulises Ignacio	BUSTAMANTE, Eugenio Agustín
CAMOZZI, Gaspar	CABALLERO, María Emilia
FONTANA, Helena	CANDIA, Melanie
GUTIERREZ, Guillermina	CHAPARRO, Álvaro
LEGUIZAMÓN, Sara	COLOBIG TALEB, Lourdes
LIMA RODRIGUEZ, Constanza	CORDOBA, Rafaela Alejandra
MERCIER DE BUSSARD, Gonzalo	GARCIA CARLETTI, Catalina
MORAN, Matilde	GARCIA MAGGIONI, Camila
MURATURE, Paulina	GARCILAZO, Mía
OLAZAGOITIA, Manuel	GÓMEZ PERAZZO, Adriano
OLIVERO, Lucas Santiago	MARTINEZ ACCINELLI, Fermín
OTERO, Baltazar	MENA, Gonzalo Nicolas
REGGIARDO, Martin	MOLINA, Alejo
SOBRERO, Simón	PASSADORE NAVONI, Zoe
SPOLIDORI, Ana	URCOLA, Bautista
ZANONI, Victoria	URCOLA, Guillermina



Colegio de la Mesopotamia

Teacher: María Fernanda Kielmanowicz

Victoria - Entre Ríos – Argentina

January 2024

TABLE OF CONTENTS

1. Summary.....	1
2. Introduction.....	1
2.1 Hypothesis.....	1
2.2 General Objective.....	4
2.3 Specifics Objectives.....	4
3. Materials y methods.....	6
3.1 Description of the Study Site.....	6
3.2 Materials.....	11
3.3 Fieldwork.....	11
3.4 Data analysis.....	13
3.5 Limitations and obstacles.....	14
4. Data Summary.....	15
5. Analysis and results.....	27
6. Discussion.....	29
7. Conclusion.....	30
Acknowledgments.....	33
<i>Bibliographical References</i>	33
ANNEX 1: Selected Badges.....	35
ANNEX 2: Photographs taken throughout the project.....	37
ANNEX 3: Table of the temperature and land cover study sites.....	48
ANNEX 4: Location of air and surface temperature measurement sites on the city map.....	49
ANNEX 5: Design of a green corridor or pedestrianization.....	50

1. SUMMARY:

This research project aims to highlight the public tree-lined areas on the sidewalks of the city of Victoria, Entre Ríos, Argentina. By bringing attention to the lack of public trees on the city sidewalks, especially in the central area of the urban center, students pose the following research question: What are the consequences of air temperature and surface temperature resulting from the absence of public trees in the city of Victoria, Entre Ríos, Argentina? The students agree that the absence of shade causes sunlight to not be reflected on the leaves of nonexistent trees but instead reaches the pavement, causing it to heat up. To demonstrate this, experiments are conducted to show how sunlight heats different surfaces based on their materials. Additionally, surfaces not exposed to sunlight achieve lower temperatures compared to those exposed to the sun. Through fieldwork, photographic evidence, and tree height measurement protocols, the lack of public trees on the city sidewalks, particularly in areas close to the center, is demonstrated. The compilation of all the information will allow us to conclude whether our hypothesis is true or not.

KEYWORDS:

Temperature, heat, urban heat island, trees

2. INTRODUCTION:

During the 2023 academic year, Mesopotamia School participated in the "Trees within LAC" campaign organized by the GLOBE LAC Regional Office. As part of this initiative, various measurements of the surrounding trees were required. This brought to light the lack of public trees on the sidewalks of the city, an issue particularly pronounced in the central area of the urban center and gradually diminishing towards the outskirts. Additionally, the city of Victoria, Entre Ríos, Argentina, was the epicenter of a pronounced drought accompanied by days of extreme temperatures during the summer of 2022/23.

As a result of our observations, the following research question is posed:

What are the consequences of air temperature and surface temperature in the city of Victoria, Entre Ríos, Argentina, due to the lack of public tree coverage?

2.1 Hypothesis:

The students agree that the absence of shade due to the lack of public trees results in sunlight not being reflected on tree leaves but instead reaching the pavement, causing it to heat up as it absorbs the heat; part of this heat is emitted, thereby increasing the air temperature.

Anthropogenic Climate Change is triggered in cities because constructed areas surpass natural or green areas. The lack of trees on sidewalks, coupled with high summer temperatures, causes the city to act as an urban heat island, meaning that air and surface temperatures are much higher than those in surrounding rural areas. This increase affects the residents of this locality, making them more susceptible to heat-related symptoms and general discomfort.

To comprehend why this temperature increase occurs, it is necessary to understand some principles of physics. The National Technological University (2021) explains that thermal inertia is the property indicating the amount of heat a body can retain and the speed at which it releases or absorbs it from the environment. Materials with thermal inertia, such as stones and concrete, absorb and release heat slowly, causing buildings to remain at high temperatures for longer periods compared to vegetation. While this is positive during cold seasons, reducing energy consumption for heating homes, it leads to the urban heat island effect in warm seasons, particularly in summer.

In contrast, trees reflect sunlight. The sun, being a self-emitting body, generates visible light waves that can travel through space to Earth. Opaque materials prevent the passage of light rays, which are either absorbed or reflected, making these materials non-transparent. When sunlight reaches the surface of a tree's leaf area, it undergoes a change in direction, reflecting off the surface, a phenomenon known as reflection.

Trees in any ecosystem provide essential ecosystem services for life. They play crucial roles, especially native trees:

- Act as habitats for different species
- Purify the air and provide shade
- Provide resources such as wood, firewood, natural medicines, and food
- Protect the soil
- Filter water and prevent floods
- Contribute to mitigating climate change

Agronomist Nicolás Del Valle explains, "another benefit of adding trees to the streets in Victoria is that they help drain water from below... They act like pumps that, with their roots, draw water from the depth and evaporate it." The soil contains clay, specifically montmorillonite, which expands when moist and contracts significantly when dry. Inadequate street maintenance that doesn't cover the joints of pavement slabs allows water to infiltrate, causing the water table to rise, turning clay into a substance similar to clay. With constant vehicle traffic afterward, concrete slabs shift and crack. (Conversation, September 11, 2023)

Native trees are those originating in the specific location where they are found and are essential to sustain biological diversity, maintain the natural dynamics of ecosystems, and enable them to function in a balanced way.

Various sources link the lack of trees and the presence of non-natural surfaces to the elevation of air and surface temperatures in urban areas. According to the Compendium of Strategies to Reduce Urban Heat Islands (EPA, 2008), many urban and suburban areas experience elevated temperatures compared to the surrounding countryside, constituting an urban heat island. The average annual air temperature in cities with millions of inhabitants can be 1 to 3 °C higher than in the surrounding areas, and even at night, the temperature difference between these areas can be as much as 12 °C. Smaller cities can also produce heat islands, but the effect generally diminishes with the size of the population. According to Gómez Arias Valentina (2020), one possible solution to this phenomenon has been to increase green areas to help reduce temperatures and provide other benefits to the city.

The Municipality of Victoria, through Ordinance No. 3797, approved on June 12, 2019, a public tree plan that specifies, in various articles, the specific locations on sidewalks for tree planting, the distance, permitted species, among other details.

According to GLOBE teacher Taborda Martínez (2021), in Barranquilla, Colombia, the presence of trees has a "positive impact [...] on the regulation of surface temperature in parks and leisure or entertainment areas for citizens in the southern metropolitan area of the city." In a similar line of research, students from the Montessori School in Cartagena (2021), Colombia, concluded that "the difference in surface temperature between the urban environment and the neighboring rural environment to the north is almost 8°C." In other articles from Nature Communication, various authors mention the role of trees in reducing surface temperatures in various European cities, with rural areas consistently having lower temperatures than urban areas. Gómez Arias (2020), in her undergraduate thesis to obtain the title of Environmental Engineer, concludes that "vegetation around homes could improve the comfort inside them," although this may be influenced by the thermal inertia of the surrounding materials.

On September 25, 2015, world leaders adopted a set of global goals to eradicate poverty, protect the planet, and ensure prosperity for all as part of a new sustainable development agenda. There are 17 Sustainable Development Goals (SDGs), each with specific targets to be achieved by 2030. To reach these goals, governments, the private sector, civil society, and citizens must all play their part. This research aims to mitigate the adverse effects of anthropogenic climate change, caused by human activities. Increasing public tree coverage would improve:

- the health and well-being of the population (SDG 3)
- enhance the city and community, making them more sustainable (SDG 11)

- reduce the city's temperature and increase local carbon sequestration, improving climate action (SDG 13)
- planting trees on public roads would improve the life of terrestrial ecosystems (SDG 15)
- finally, working together with the municipality, the private sector, and civil society would create an alliance to achieve the Sustainable Development Goals (SDG 17).

2.2 General objective:

Determine the consequences, both in air and surface temperatures, for the community of the city of Victoria, Entre Ríos, Argentina, stemming from the scarcity of public trees in the urban center.

2.3 Specifics objectives:

- i. Confirm that the urban center is characterized by the absence of trees on public roads (sidewalks).
- ii. Research information about the history of city planning in Victoria, Entre Ríos, Argentina.
- iii. Classify land cover at the sites where measurements will be taken.
- iv. Locate on a city map the trees present on sidewalks.
- v. Identify tree species on sidewalks, geoposition them, measure their height, and trunk diameter.
- vi. Compare different surface and air temperatures, conducting GLOBE protocols under different land cover conditions.
- vii. Understand different physical processes related to heat and sunlight.
- viii. Classify the city's trees.
- ix. Take air and soil surface temperature measurements from the downtown area to the outskirts of the city to determine if there are variations.

Schedule:

Objetivo	Activity	2023							
		May	June	July	August	September	October	November	December
1	Field excursions to navigate city streets for geolocating, identifying, and measuring the height and circumference of tree trunks.	15, 19, 22 y 24			4, 23 y 30				
2	Acquisition of Ordinance 3797 regarding the public tree plan of the city.					7			
	Interviewing Raúl Brassesco, agent of INTA (National Institute of Agricultural Technology) in Victoria.				30				
3	Understanding the classification of ecosystems based on their size, location, origin, and land cover (MUC Classification)				14 al 18				
	Classification of land cover in the project's study site and surrounding areas using the GLOBE Observer app.				30				
4	Creating a model with the city map and the location of tree species.						4	8, 15 y 22	1
5	Identifying tree species on sidewalks, geolocating them, and measuring their height and trunk circumference.	15, 19, 22 y 24			4, 23 y 30				
6	Experiment #1				2				
	Experiment #2				2, 11 y 23				
	Experiment #3			3, 4, 6, 24, 26, 27 y 28	4, 7, 9, 10, 14, 15, 16, 18, 22, 23 y 24				
7	Charlas a cargo de los alumnos de 6° año del nivel secundario				15 al 23				
8	Clasificación de los árboles de la ciudad en dos grupos, veredas y plazas, para extraer datos estadísticos y analizar.					20 y 27			
9	Temperature measurements starting from the school (central area of the 1st block) along H. Yrigoyen Street until its intersection with Av. de Circunvalación vieja (2nd block, an area away from the center) every 5 blocks to assess the urban heat island effect.							27	22

Figure 1: Schedule of Activities.
Source: Author's own creation.

3. MATERIALS AND METHODS:

3.1 Description of the Study Site

Argentina is located in the southern hemisphere with respect to the Equator and to the west of the Prime Meridian. It occupies part of the American continent. Its 3800 km length extends from 22° to 55° south latitude. It borders Uruguay, Brazil, Paraguay, Bolivia, and Chile, and the Atlantic Ocean. The national territory is comprised of 23 provinces and the Autonomous City of Buenos Aires, the capital of the country.



Figure 2: Argentine Territory highlighting its political division, with emphasis on the province of Entre Ríos.

Source:

<https://www.turismoentrierios.com/provincia/limites.htm>

The province of Entre Ríos is located in the central-eastern part of the Argentine Republic. It borders the province of Corrientes to the north, Santa Fe to the west, Buenos Aires to the south, and the Oriental Republic of Uruguay to the east. The provincial territory is bounded by the Paraná and Uruguay rivers, which are part of the La Plata Basin. Each river has several tributaries that traverse the departments of the province. The Entre Ríos territory is part of the Argentine plains. In its topography, two zones can be distinguished: the hills and the lowlands of the delta. On its surface, four ecoregions can be identified: the Pampas, the Espinal, the Iberá Wetlands, and the Paraná River Delta.



Figure 3: Environmental Map of Entre Ríos Province, featuring its ecoregions, parks, and natural reserves within the National System of Protected Areas.

Source: Mapoteca Argentina

The city of Victoria is located in the western region of the province of Entre Ríos on the banks of the El Espinillo River, one of the many streams that make up the Paraná River Delta. Also known to locals as "the city of the seven hills" or "the city of grilles."

The urban center of the city is characterized by narrow sidewalks, devoid of trees due to a very old municipal ordinance that prohibited public tree planting. In 2019, this ordinance was lifted, so now some young trees can be observed in front of some homes. The most common species used for this purpose are glossy privets (*Ligustrum lucidum*), crepe myrtles (*Lagerstroemia indica*), umbrella black locust (*Robinia pseudoacacia 'Umbraculifera'*), bitter orange (*Citrus aurantium*), cow's hoof (*Bahuinia fofsicatta*, also in pink variety), and yellow bells or yellow elder (*Tecoma stans*). The latter two are the only native species in South America.



*Figure 4: H. Yrigoyen 559 between 9 de Julio and Intendente Camoirano, depicting the location of "Colegio de la Mesopotamia."
Source: Author's own.*

The city of Victoria is located in the Pampas ecoregion. According to the Wildlife Foundation

the Pampas cover about 60% of Argentina's grassland area, with notable biodiversity that includes around a hundred terrestrial mammals, such as the popular Pampas deer. Approximately 80% of the Pampas grasslands have already been transformed for agricultural and livestock activities, and of the remaining territory, only 2.6% is under protected areas.

This reality is not unfamiliar to this region, as towards the northeast, the city is surrounded by agroecosystems, given that one of its most important economic activities is the production of cereals and oilseeds. The city itself corresponds to urban land cover and is also responsible for modifying natural areas like any urban development.

The areas surrounding the numerous streams in the region are characterized by gallery forests. We can also find areas of the Espinal ecoregion, which the Wildlife Foundation defines as an area

characterized by grasslands and forests, known as the "wooded Pampas," hosting many Pampas species now affected by hunting and habitat transformation. Much of the Espinal is located on lands with a high level of agricultural and urban development.

On the other hand, the city is surrounded to the southwest by the Paraná River Delta, an extensive wetland area.



Figure 5: Urban sprawl of the city of Victoria and its surroundings, indicating the first level of MUC classification.

Source: <https://earth.google.com/>



Figure 6: Urban sprawl of the city of Victoria, highlighting the central area and historical district.
 Source: Municipality of Victoria.



Figure 7: Map of the neighborhoods in the city of Victoria.
 Source: Municipality of Victoria. www.victoria.gob.ar

3.2 Materials:

- 250 ml beakers
- 250 ml Erlenmeyer flask
- 30 m tape measure
- Alcohol thermometer
- Anemometer
- Books, magazines, and guides for the identification of tree species
- Cell phones with GLOBE Observer application
- Clinometers
- Computers
- Data sheets
- Flexible 150 cm tape measure
- Glass cups
- Infrared thermometer (TIR)

- Photographic cameras

3.3 Fieldwork:

The research design was based on literature review and field design. The former was used as a source of information, particularly for searching for background or similar results.

Data collection took place during special outings with students from the participating courses, including first-year A and B of secondary level and 5th-year students from the same level, who collaborated in measuring trees on the city's sidewalks. The outings occurred both within and outside of school hours. Trees were measured individually, both manually and using the GLOBE Observer app.

Various GLOBE protocols were employed in the research methodology, including:

- Calibration protocol for alcohol thermometers
- Air temperature protocol with alcohol thermometer
- Surface temperature protocol with infrared thermometer
- Tree height protocol using both manual method and the GLOBE Observer app
- Tree trunk circumference protocol
- Soil temperature protocol
- Wind protocol

Measurements of tree height and trunk circumference were mostly conducted in the 1st and 2nd quarter neighborhoods, primarily in areas belonging to the city center, as they are close to our school. Trees were classified into two groups: those on sidewalks and those in the squares, with the latter being larger in contrast to the sidewalk trees.

Physicist Marta Risso, a colleague from the school advising on physical phenomena, suggested an experiment to compare different temperatures (surface, air, and water) under various ground covers due to sunlight. Six glasses were filled with the same volume of water. GLOBE protocols for air and surface temperature were carried out under different land cover conditions, and water temperature was measured at intervals of 15 to 20 minutes (Experiment #1).

To understand the importance of using the same volume of water in different glasses, another experiment was conducted where two different volumes of water were heated with a 40°C thermal blanket for the same period. The temperature was measured every 15 minutes to assess its change (Experiment #2).

Experiment #3 utilized six identical glasses and, in the experiment #2 was conducted with two 250 ml Erlenmeyer flasks initially and two subsequent instances with two 250 ml beakers, also similar.

Starting in July 2023, air and surface temperatures were measured in different scenarios of land cover with direct sunlight or in the shade, similar to the glass experiment (Experiment #3). The data from Experiments #1, #2, and #3 were input into an Excel spreadsheet, and various graphs were created.

With the data of the trees collected and uploaded to the GLOBE platform, extraction, analysis, and visualization were done in Excel, where tables and graphs were created.

In November and December, measurements of air and surface temperatures and wind were taken in different areas of the city, in the city center and its surroundings, to determine if the definition of the urban heat island was met.

Additionally, in August 2023, a survey was conducted among the residents of the city of Victoria through a Google form to inquire about their opinions on public tree planting and understand the level of awareness that the society in Victoria has regarding the positive effects that trees on sidewalks could generate. Among other data, participants were asked if they considered it important to improve this issue in the city, aiming to generate a commitment to this topic and determine the project's viability. The survey was shared with the school's families and the educational community, with the option to share it with other city residents. Civic participation is believed to be crucial to achieve Sustainable Development Goal #17. Up to the

date, 230 responses were obtained, and a statistical analysis of the data was conducted, with graphs created for better visualization.

3.4 Data analysis:

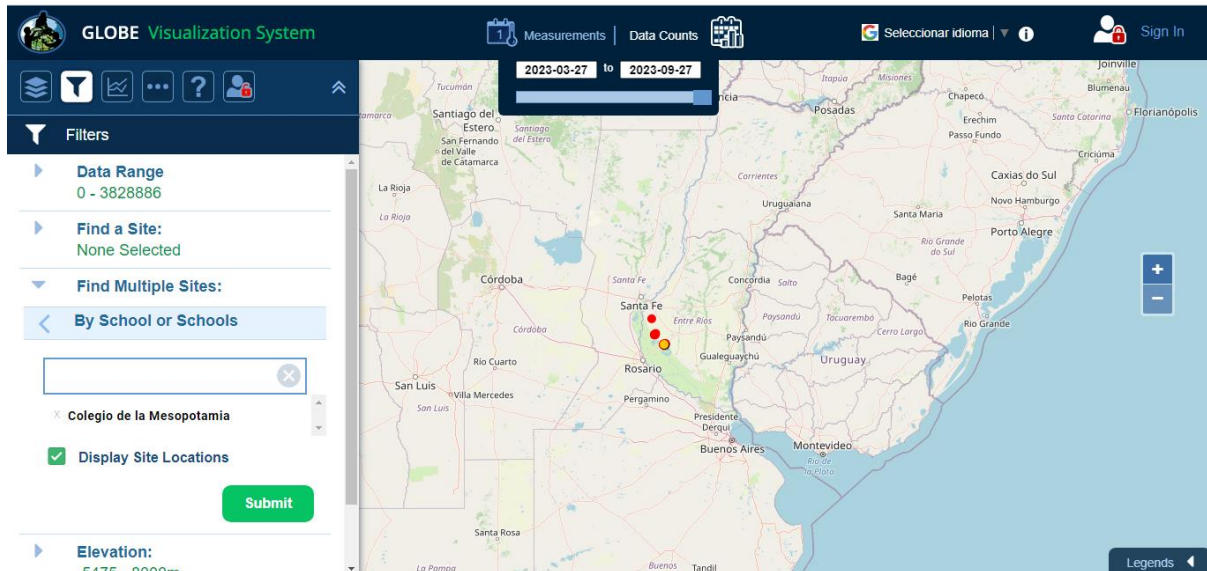
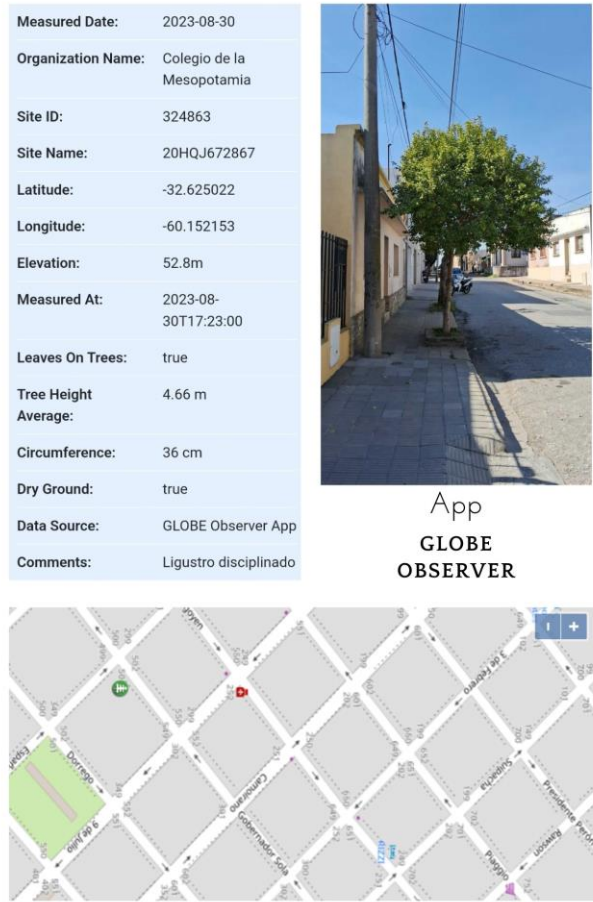


Figure 8: Visualization of air temperature data from Colegio de la Mesopotamia.

Source: <https://vis.globe.gov/GLOBE/>

Atmospheric data is collected by the students of the institution and then manually uploaded to the GLOBE platform. As for the height and trunk circumference data of the trees, the manual method was used, utilizing a clinometer and a 30-meter measuring tape, and later through the GLOBE Observer application.



*Figure 9: Data visualization in the GLOBE Observer app - Tree Height Protocol.
Source: <https://vis.globe.gov/GLOBE/>*

3.5 Limitations and obstacles:

At the beginning of the project, measurements were taken manually using different clinometers crafted by the students, which not only took more time for the measurements but also for uploading the data to the platform. Starting from August 2023, we were able to incorporate some smartphones with the necessary sensors to measure tree height, thus facilitating data collection through the GLOBE Observer app.

Time constraints were also a limitation, so we added an extra weekly hour to expedite our project, especially for collective tasks. The spacing between trees in the city is significant, which extended the time required for data collection beyond our initial estimates. The periods during which measurements were collected are detailed in Figure 1.

Another limitation is that when students went out alone to measure the trees, they found it challenging to identify the species. As a result, several specimens are listed as "unidentified."

4. DATA SUMMARY:

EXPERIMENT #1: The Heat of Sun Rays

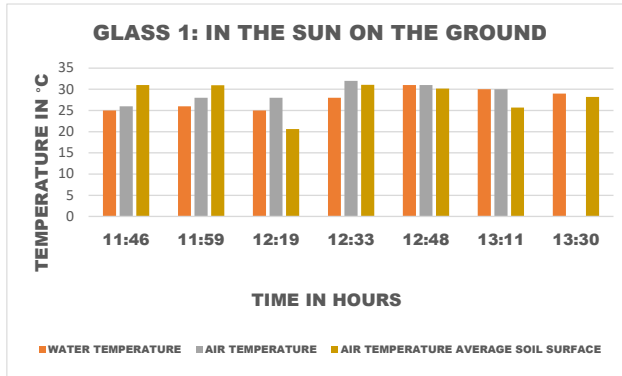


Figure 10: Variation of water, air, and surface temperatures over bare soil terrestrial coverage under direct sunlight.
Source: Author's own creation.

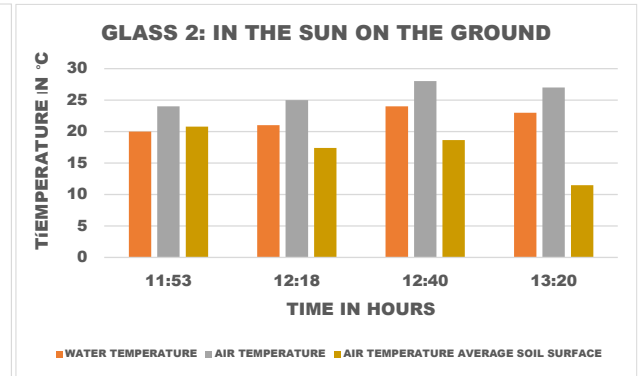


Figure 11: Variation of water, air, and surface temperatures over bare soil terrestrial coverage in shaded conditions.
Source: Author's own creation.

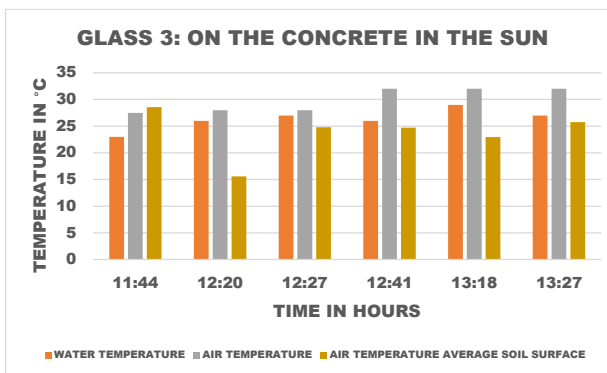


Figure 12: Variation of water, air, and surface temperatures over concrete-covered terrestrial surface under direct sunlight.
Source: Author's own creation.

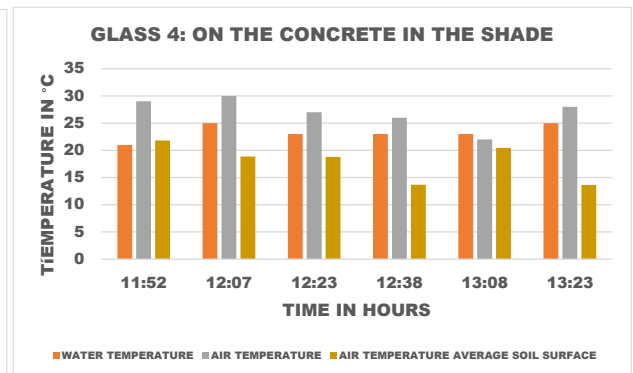


Figure 13: Variation of water, air, and surface temperatures over concrete-covered terrestrial surface in shaded conditions.
Source: Author's own creation.

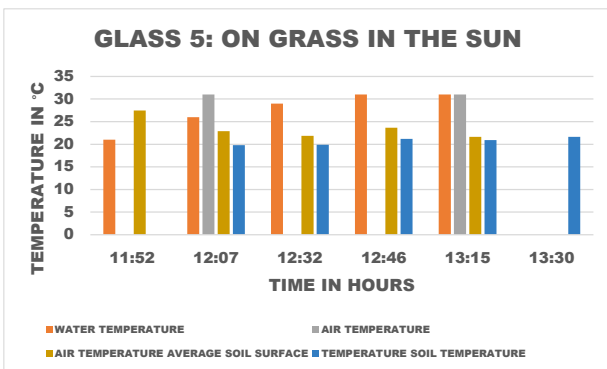


Figure 14: Variation of water, air, and surface temperatures over herb-covered terrestrial surface under direct sunlight.
Source: Author's own creation.

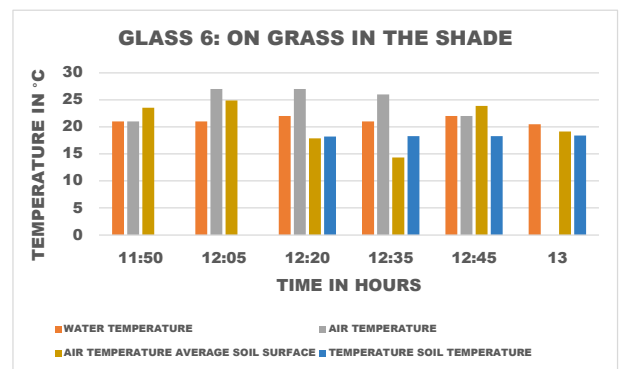


Figure 15: Variation of water, air, and surface temperatures over herb-covered terrestrial surface in shaded conditions.
Source: Author's own creation.

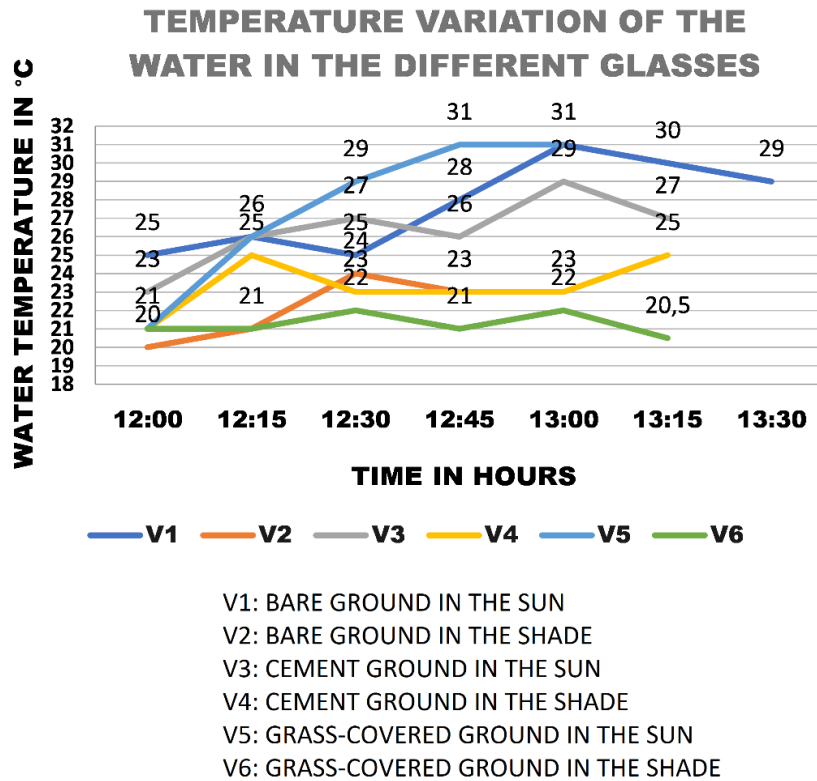


Figure 16: Variation of water temperature under different land cover types.
Source: Own creation

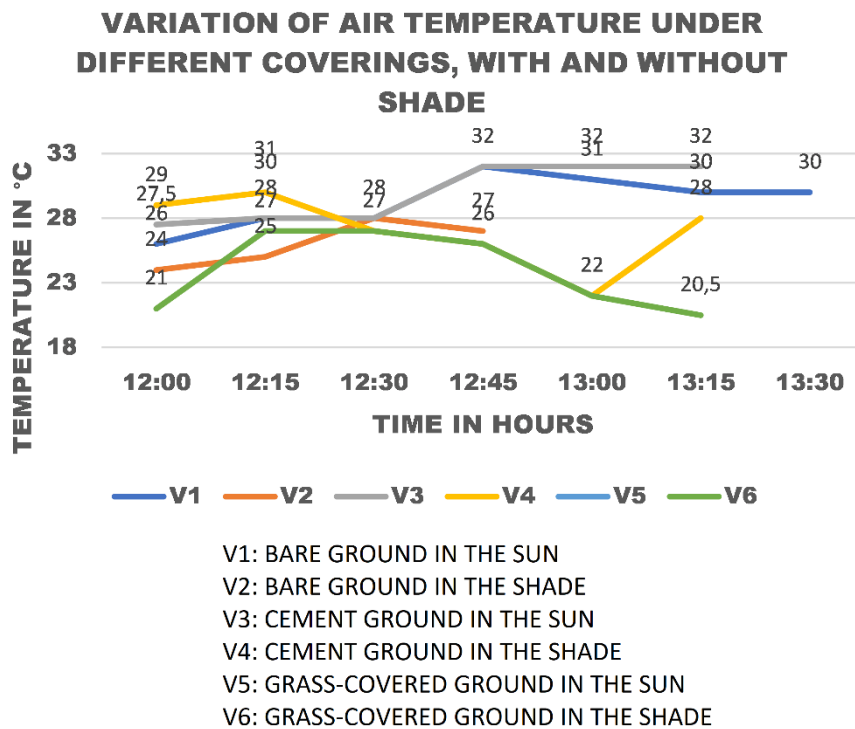
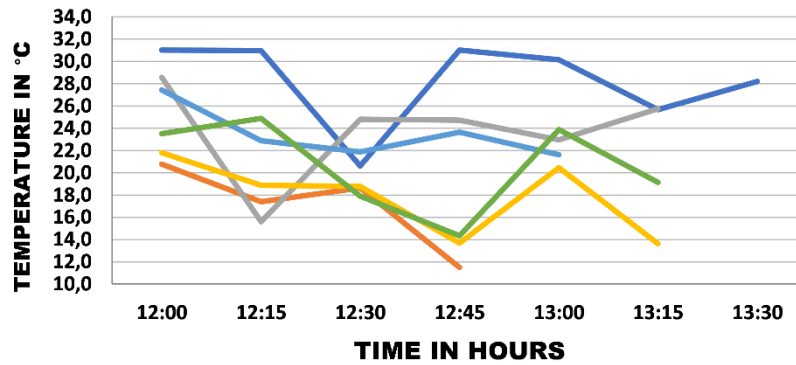


Figure 17: Variation of air temperature across different terrestrial coverages.
Source: Author's own creation.

**VARIATION OF SURFACE TEMPERATURE
UNDER DIFFERENT COVERINGS, WITH AND
WITHOUT SHADE**



— V1 — V2 — V3 — V4 — V5 — V6

- V1: BARE GROUND IN THE SUN
- V2: BARE GROUND IN THE SHADE
- V3: CEMENT GROUND IN THE SUN
- V4: CEMENT GROUND IN THE SHADE
- V5: GRASS-COVERED GROUND IN THE SUN
- V6: GRASS-COVERED GROUND IN THE SHADE

Figure 18: Variation of surface temperature across different terrestrial coverages.
Source: Author's own creation.

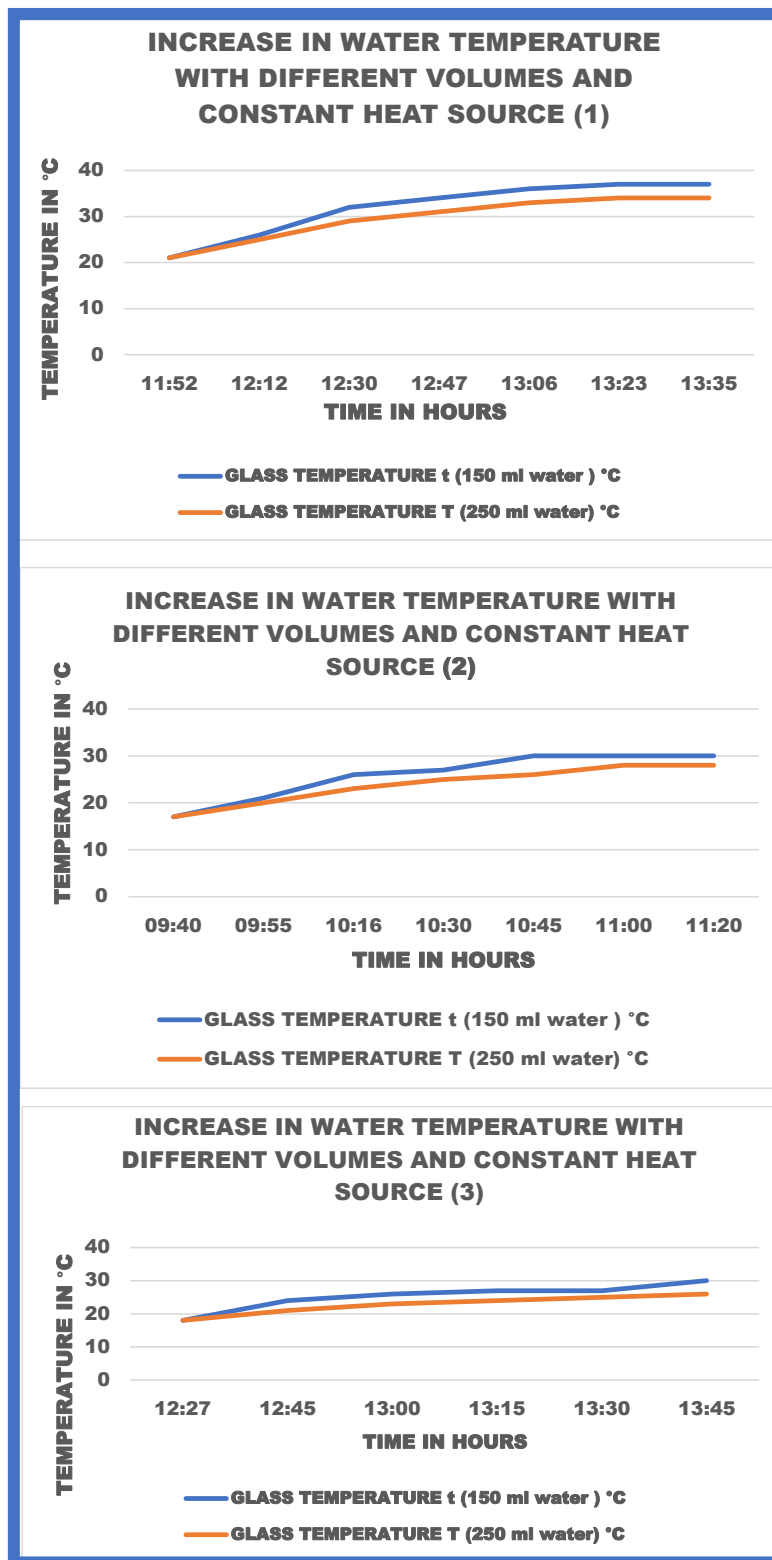


Figure 19: Experiment #2 - Variation of water temperature comparing different volumes with a constant heat source.

Source: Author's own creation.

SURFACE TEMPERATURE UNDER DIFFERENT COVERINGS

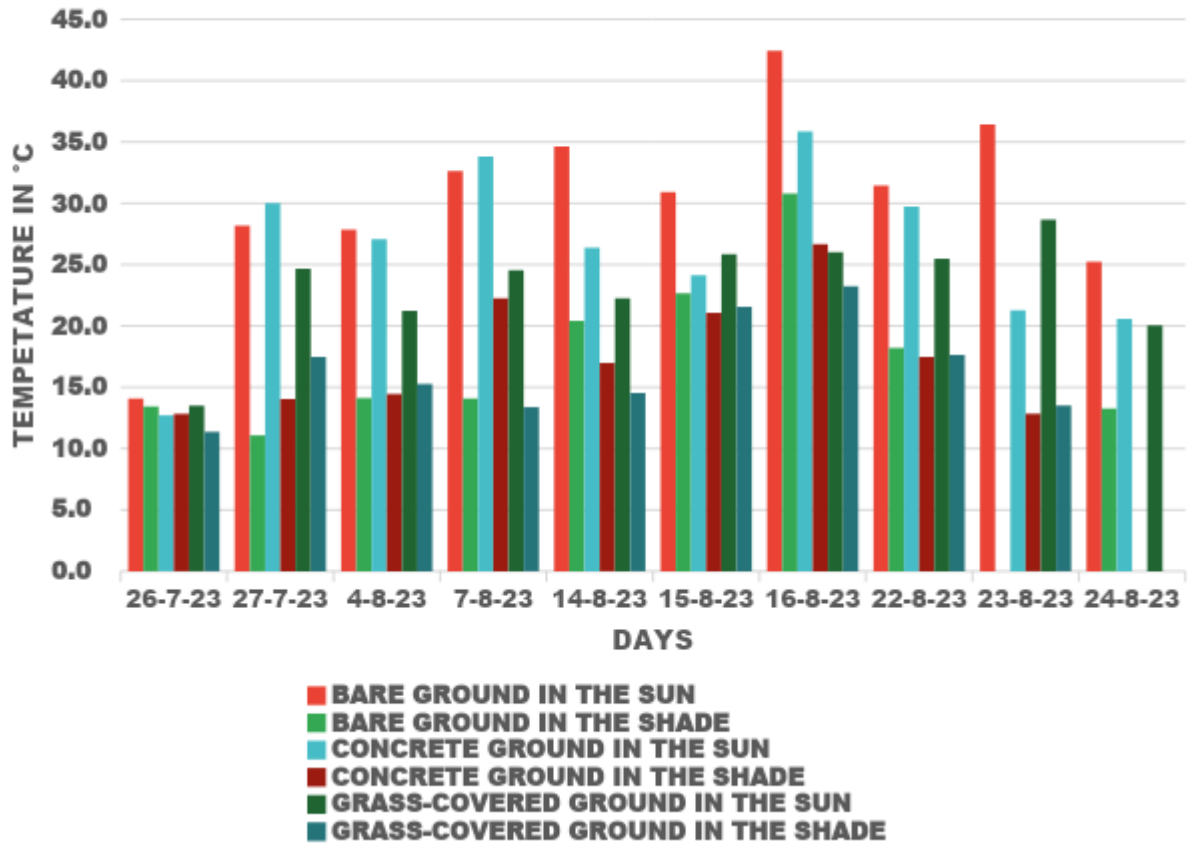


Figure 20: Experiment #3 depicting the variation of surface temperature in different scenarios of terrestrial coverages under solar exposure and shade.
Source: Author's own creation.

Table 1: Air temperatures on the days when Experiment #3 was conducted.

Institution	site_id	Latitude	Longitude	Elevation	Date	Air temperature (°C)
MESOPOTAMIA SCHOOL	CENTRO DEPORTIVO	-32.623,574	-60.151,61	52.0	26/7/2023	12,0
					27/7/2023	without measurement
					4/8/2023	20,0
					7/8/2023	20,0
					14/8/2023	23,0
					15/8/2023	24,0
					16/8/2023	30,0
					22/8/2023	19,0
					23/8/2023	17,0
24/8/2023	17,0					

Source: Author's own creation.

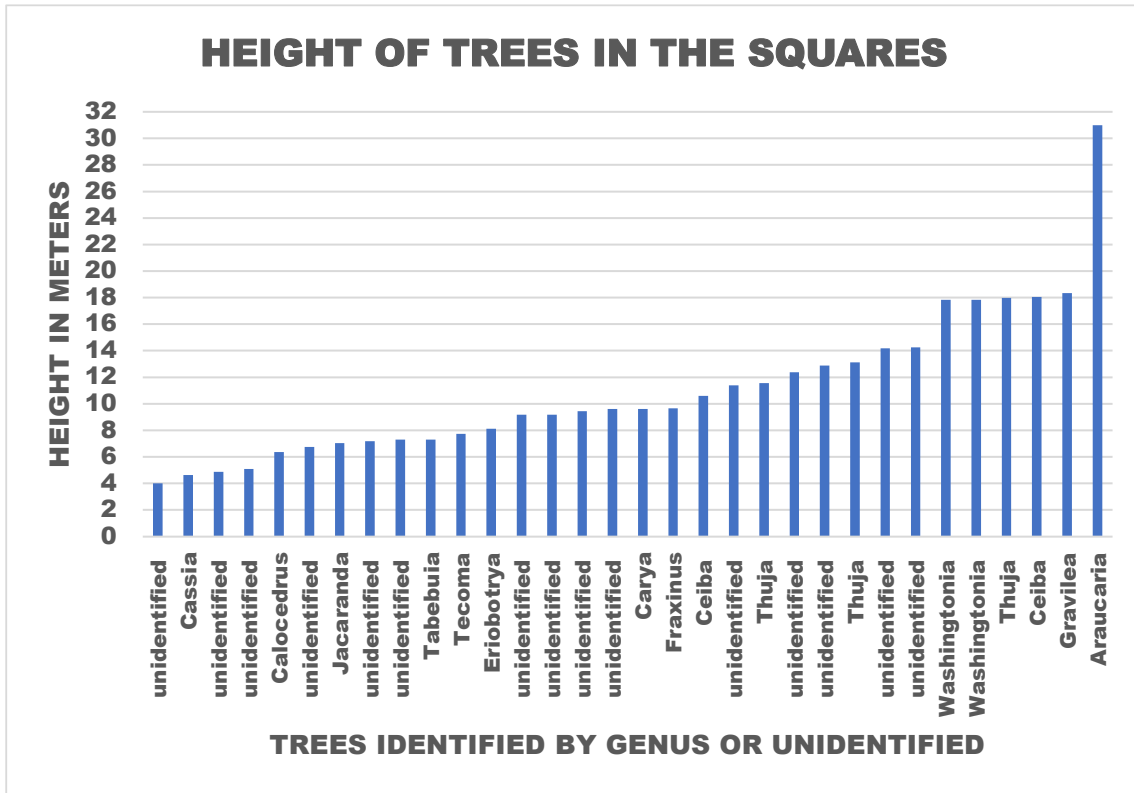


Figure 21: Height of trees in the parks.
Source: Author's own creation.

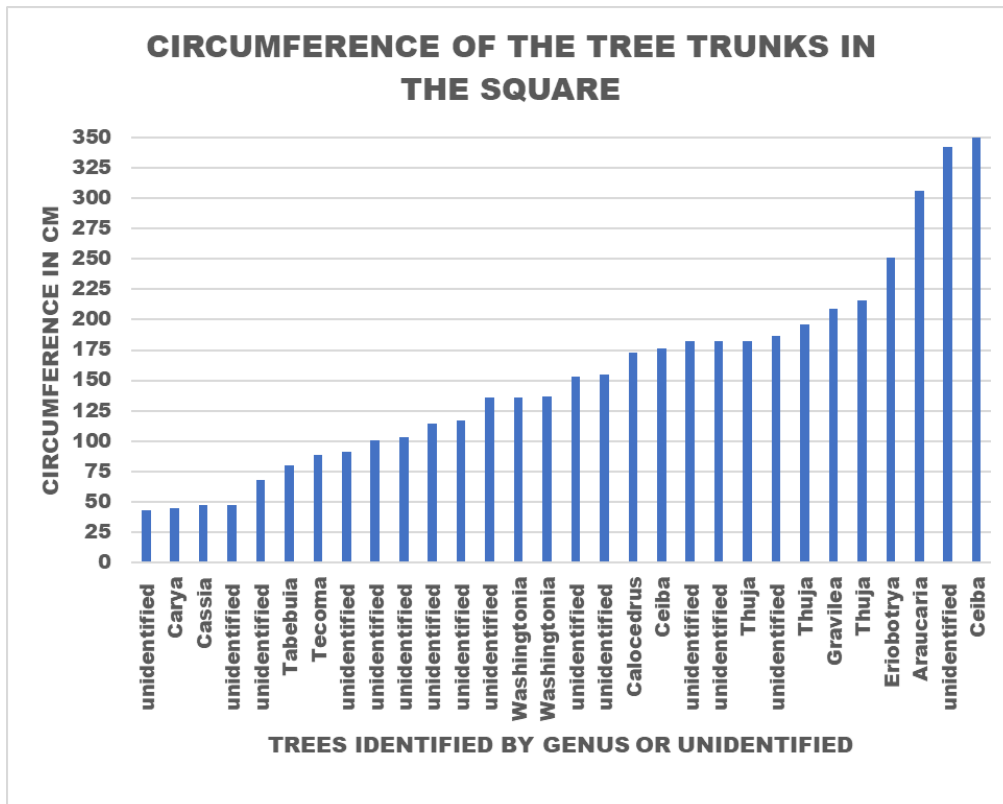


Figure 22: Circumference of tree trunks in the parks.
Source: Author's own creation.

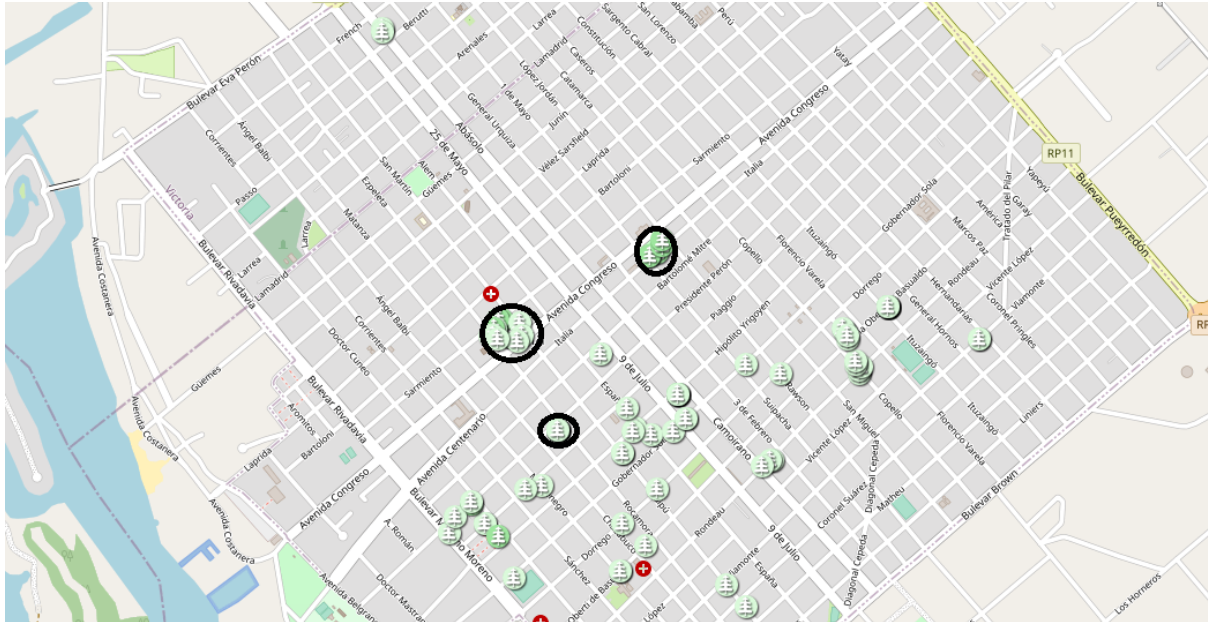


Figure 25: Visualization of the city map indicating the distribution of trees. The three squares where trees were measured are marked with black circles.

Source: <https://vis.globe.gov/GLOBE/>

Measured Date:	2023-09-07
Organization Name:	Colegio de la Mesopotamia
Site ID:	325462
Site Name:	20HQJ667868
Latitude:	-32.624241
Longitude:	-60.157505
Elevation:	54.7m
Measured At:	2023-09-07T13:06:00
Measurement Latitude:	-32.6237
Measurement Longitude:	-60.1567
Measurement Elevation:	55.5
Land Cover Description:	Urban, Residential Property
Raining Snowing:	true
Leaves On Trees:	true
East Classifications:	100% MUC 91 [Urban, Residential Property]
North Classifications:	100% MUC 91 [Urban, Residential Property]
South Classifications:	100% MUC 91 [Urban, Residential Property]
West Classifications:	100% MUC 91 [Urban, Residential Property]
Data Source:	GLOBE Observer App
Field Notes:	(none)

Figure 26: Visualization of the land cover at the study site conducted with the GLOBE Observer app. City of Victoria, Entre Ríos, Argentina.

Source: <https://vis.globe.gov/GLOBE/>

Summary of the Conversation with Agricultural Engineer Raúl Brassesco, representative of the National Institute of Agricultural Technology (INTA) in Victoria:

On August 30th, the Agricultural Engineer visited the school to give an informative talk on the topic we are researching. He mentioned that the public tree planting project in the city started about 4 or 5 years ago under the extension of INTA Victoria. The project had various stages: zoning the city, checking in those zones where the gas, sewage, and drinking water networks, as well as the electrical, telephone, and cable television lines, traverse, conducting a tree inventory in the city, planning the number of trees per sidewalk, regulating the project through a municipal ordinance, and creating an informative brochure about the possible tree species to plant and the basic care for the trees.

He also spoke about the functions and importance of public tree planting in our city, such as reducing air and surface soil temperatures, dampening noise, absorbing carbon dioxide through photosynthesis, releasing oxygen, serving as a habitat for many species, absorbing water from the soil to prevent pavement erosion, and, of course, being visually pleasing. As a conclusion to his talk, he recommended reading "The Hidden Life of Trees," where Peter Wohlleben discusses how trees can communicate with each other. (*Conversation, August 30, 2023*)

5. Survey results:

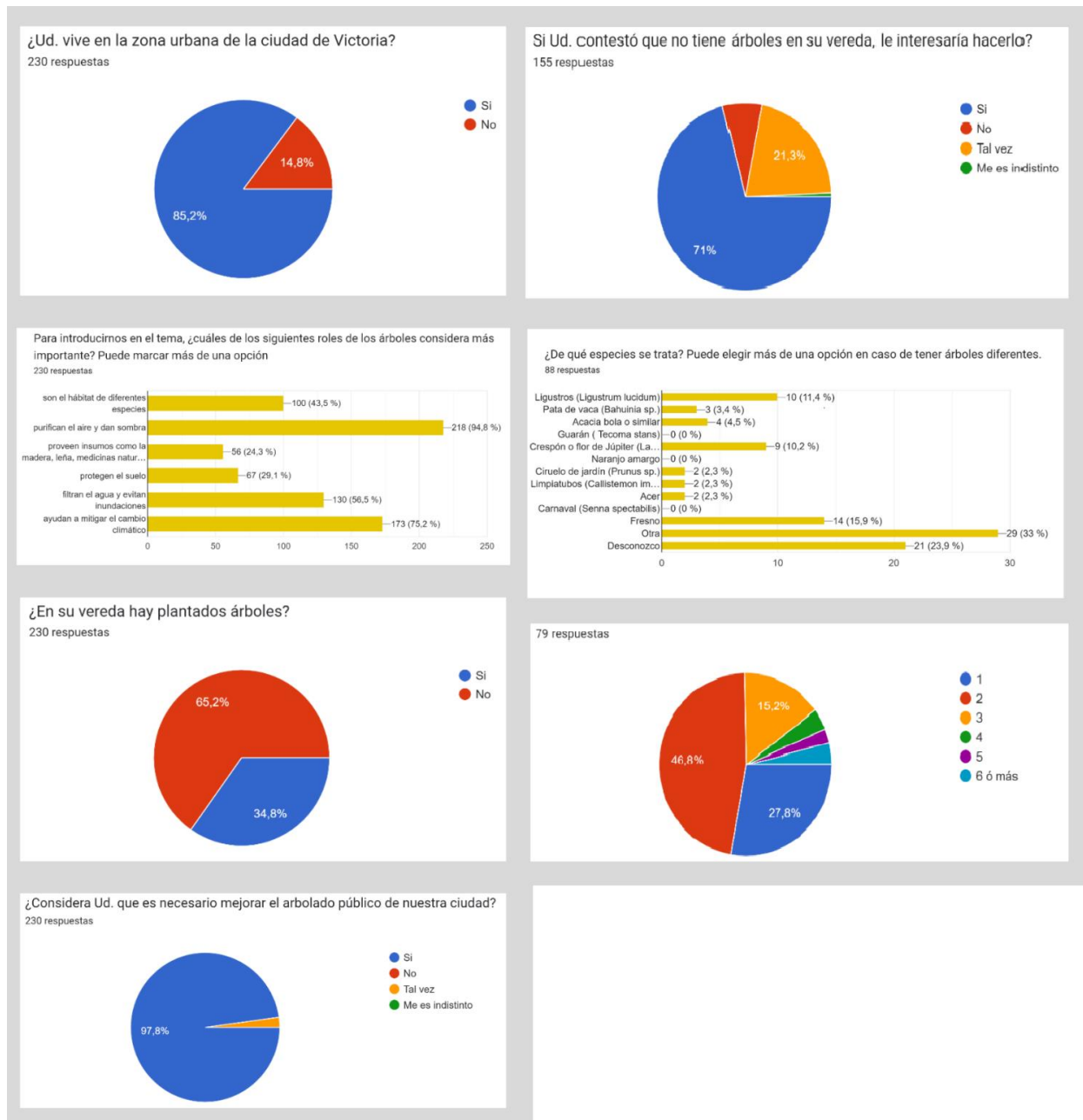


Figure 27: Survey results from the residents of the city of Victoria, Entre Ríos, Argentina.
Source: Author's own creation.



*Figure 28: Photographs of the downtown area of Victoria, Entre Ríos, Argentina.
Source: Author's own work.*

vis.globe.gov/GLOBE/

Site: Chacabuco 214

GLOBE Visualization System

Measurements | Data Counts | School Info | Site Info | Photos

Colegio de la Mesopotamia : Chacabuco 214 Data Table

School Name	Site Name	Userid	Latitude	Longitude	Elevation	Measured At	Solar Measured At	Solar Noon At	Average Surface Temperature
Colegio de la Mesopotamia	Chacabuco 214	69660567	-32.62584	-60.15594	51.1	2023-11-27 18:21:00	2023-11-27 14:33:00	2023-11-27 15:48:00	46.6
Colegio de la Mesopotamia	Chacabuco 214	69660567	-32.62584	-60.15594	51.1	2023-11-27 18:25:00	2023-11-27 14:37:00	2023-11-27 15:48:00	24.3
Colegio de la Mesopotamia	Chacabuco 214	69660567	-32.62584	-60.15594	51.1	2023-12-22 15:45:00	2023-12-22 11:45:00	2023-12-22 15:59:00	21.9
Colegio de la Mesopotamia	Chacabuco 214	69660567	-32.62584	-60.15594	51.1	2023-12-22 15:40:00	2023-12-22 11:40:00	2023-12-22 15:59:00	32.3

Figure 29: Surface and air temperatures at the same study site in the shade of a tree and in the sun.
Source: <https://vis.globe.gov/GLOBE/>

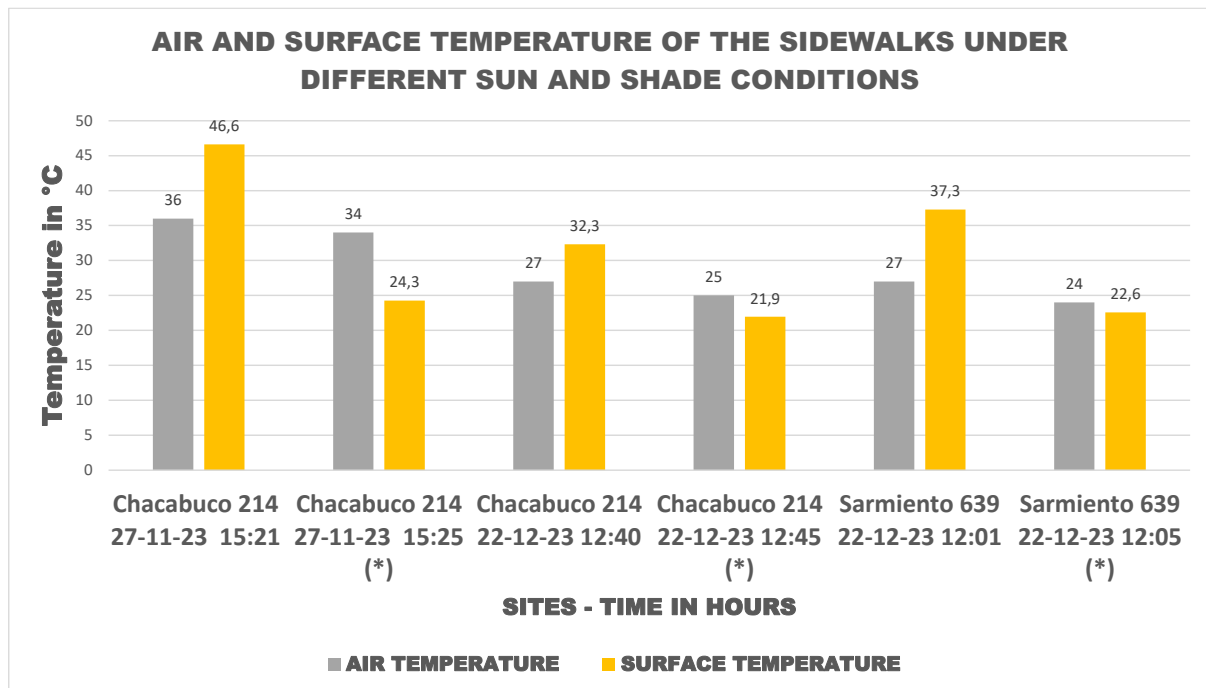


Figure 30: Comparison of air and surface temperatures at three sites in different situations: in the shade of a tree and in direct sunlight. Data marked with an asterisk (*) were taken in the shade of a tree. The data for this graph were extracted from Table 2 in the ANNEX 3.
Source: Author's own creation.

5. ANALYSIS AND RESULTS:

In experiment #1 on the effect of solar heat, it is observed that, under the same ground cover, the water in the glass exposed to sunlight increased its temperature more than its shaded counterpart.

In the first graph of the glasses placed on bare ground, the one in the sun at 12:19 pm had water at 25°C, while the shaded one a minute earlier was at 21°C. The same occurred with air and surface temperatures; both were higher in the sun than in the shade. This pattern repeats throughout the graph (see *Figures 10 and 11*).

For glasses placed on construction material, a cement sidewalk, the water temperature in the shaded glass never exceeded 25°C, while in the sun, it reached 29°C. The air and surface temperatures exhibited the same behavior, being higher in the sun than in the shade. At 12:41 pm, the air temperature reached 32°C in the sun and 26°C in the shade. The average surface temperature at that time was 24.71°C in the sun and 13.68°C in the shade. This data highlights how cement retains higher temperatures (see *Figures 12 and 13*).

In glasses placed on ground cover with grass, differences were also observed between sun-exposed and shaded values. In this experiment, a soil thermometer was also used. It can be appreciated that the soil temperature under grass cover is much more stable and does not vary as much, which could be very positive for the living beings inhabiting there (see *Figures 14 and 15*).

A comparison of the water temperature variation in different glasses was then made, showing that in the three exposed to the sun, regardless of their ground cover, they achieved higher temperatures than the three placed in the shade (see *Figure 16*).

Regarding the variation in air temperature, the same trend is observed, i.e., air exposed to the sun has a higher temperature than that not exposed to it. The same can be observed when comparing the averages of superficial temperatures (see *Figures 17 and 18*).

In experiment #3, which corresponds to variations in surface temperature, we compared these temperatures in different covers, in the presence and absence of sunlight (see *Figure 20*). It can be observed in the graph that on July 26, 2023, the surface temperature in different covers did not show much difference; this could be because the air temperature that day was 12°C. In the following measurements, variations were greater. Surface temperatures measured in sunlight (pink, light blue, and green columns) were higher than those observed in the shade. Surface temperatures on bare ground and concrete covers were higher than those with grass cover. This corresponds to those days having higher air temperatures (see *Table 1*).

These air and surface temperature differences were also observed during our walks on the city sidewalks. When comparing air temperature in the shade of a tree and outside it, differences range from 2 to 3°C, meaning that in the shade, the temperature is lower than in the sun. This difference becomes very noticeable when comparing surface temperatures on the sidewalk under the shade of a tree and outside it; there, larger temperature differences are observed, 22.3°C on November 27, and 10.4 and 14.7°C on December 22. The same situation, but less pronounced, is observed on a sidewalk with grass cover and with material cover, where the observed difference is 4.3°C (see *Figures 29 and 30 and Table 2 in the ANNEX 3*).

The trees measured in the city were classified into two groups: those in the squares and those on the sidewalks. They were then ordered from smallest to largest, taking into account height and trunk circumference, allowing for more accurate conclusions. Arithmetic mean and medians were calculated.

For the squares, 32 trees were measured in three different squares - Plaza San Martín, Plaza Merceditas, and Plaza Moreno - as they are the closest to the school. These trees are mostly of different species, and except for *Tecoma stans*, *Ceiba speciosa*, and *Jacaranda mimosifolia*, the rest are exotic species. Regarding height, the arithmetic mean of this group of trees is 11.08 meters, and the median is 9.615 meters; as for the circumference of their trunks, in this case, data from 30 specimens are available, and the average is 155.30 centimeters, with a median of 145 cm. Concerning the height of these trees, we considered using the median as a better measure since it is not influenced by extremes, and as seen in the graph, there is a specimen of 30 meters that would overestimate our average (see *Figures 21 and 22*).

For sidewalk trees, data from 53 trees were collected, of which some were not identified because measurements were made solely by students. Regarding height, the arithmetic mean of this group of trees is 5.60 meters, and the median is 4.93 meters; as for the circumference of their trunks, in this case, data from 40 specimens are available, and the average is 71.64 centimeters, with a median of 48.5 cm. We will use the median as a measure of central tendency since there are some extreme data points that distort the mean (see *Figures 23 and 24*).

From these measures of central tendency, it can be observed that square trees double the height and triple the trunk circumference compared to sidewalk trees. This is because the squares were tree-lined many years ago, which contrasts with the sidewalk trees, corresponding to a recent project. We also measured some trees recently planted on sidewalks that, due to their size, cannot be included in the GLOBE data; if we were to consider

them, the difference would be greater, as they are young trees whose height does not exceed 2.5 meters.

Survey Analysis:

From the survey of Victoria citizens, where we obtained 230 responses to date, it can be observed that 85.2% live in the urban area, and the rest in the suburban area. Of all the roles played by trees mentioned by the Wildlife Association, no respondent chose all of them but assigned different orders of importance. The most voted roles are detailed:

- Purify the air and provide shade (94.8%)
- Help mitigate climate change (75.2%)
- Filter water and prevent floods (56.53%)
- Serve as a habitat for different species (43.5%)
- Protect the soil (29.1%)
- Provide resources like wood, firewood, natural medicines, and food (24.3%)
- 97.8% of respondents believe it is necessary to improve the public trees in our city, and a low percentage (2.2%) thinks maybe, but no one disagrees.

Of all the respondents, 65.2% do not have trees on the sidewalk; those who do, 34.8%, many of them live in suburban areas where sidewalks are wider than in the city center. Within this percentage of citizens with trees on their sidewalks, 27.8% have only one, 46.8% have two, 15.2% have three, and the remaining 10.2% have four or more trees. People responding to the tree species they have do so at a low percentage, with the most chosen options being "other" 33% and "unknown" 23.9%.

Of the 150 citizens who do not have trees on their sidewalks, 71% would be interested in doing so, 21.3% respond maybe, 7.1% respond no, and 0.6% state that they are indifferent.

6. DISCUSSION:

From the experiments conducted to assess how sunlight affects different surfaces, we can infer a direct relationship between the increase in surface temperature and solar radiation. It was observed that certain surfaces absorb more heat than others; for instance, bare and concrete ground surpass surface temperatures of areas covered with vegetation. This highlights that the leaf surface of plants acts by reflecting sunlight and, at the same time, does not absorb heat from solar rays in the same way as bare ground or buildings.

Experiment #1 should be repeated as we did not take into account how cloud cover varied during the experiment, as their presence and the type of clouds could have influenced

the results. After 1:00 PM, there is a noticeable decrease in temperatures in general, which could be attributed to an increase in cloud cover.

Among the threats identified in the Territorial Strategic Plan for Victoria (2018, p.110), the lack of natural vegetation cover and indiscriminate construction are mentioned, aligning with various sources that link the absence of trees and the presence of non-natural surfaces as a consequence of increased air and surface temperatures in urban areas.

The survey reveals a lack of information among the public regarding the various functions trees fulfill, with varying levels of importance attributed to each function. These functions were corroborated by Agronomist Raúl Brassesco in his informative talk on urban tree planting in the city of Victoria, Agronomist Nicolás Del Valle, an ecology teacher at our school, and Agronomist Elisa Dalgarrondo in her presentation on "urban tree planting in the climate change adaptation strategy" during Webinar No. 9 of the "Trees within LAC" campaign. Furthermore, the majority agrees on the need to improve public tree planting in the city.

To fulfill one of the objectives of our research, determining if the city of Victoria behaves as an urban heat island, we conducted two field trips in November and December. During these trips, we measured air and surface temperatures and wind speed in different areas of the city center and surrounding zones up to the periphery. In two measurement sites with trees planted on the sidewalks, we measured these parameters both in the shade of the trees and outside it. Additionally, we measured a sidewalk with concrete and grass at one site to compare different coverages. These measurements reveal differences in both air and surface temperatures, as mentioned in the analysis and results section. These data support our hypothesis as differences are observed in measurements in the shade of trees compared to those exposed to sunlight.

7. CONCLUSION:

Our research work comprises two sections. Firstly, it highlights the effect of the leafy surface of grass in reflecting sunlight, thereby reducing the increase in surface temperature. This is demonstrated in Experiment #1 and our measurements within the shadow radius of a tree and outside it conducted on the city sidewalks. In the second section, we underscore the lack of public tree planting on sidewalks through photographs and GLOBE data visualization (see *Figures 25, 28, 33, and 34*). We demonstrate that the height and circumference of the trunks are lower than those of trees in the parks, aligning with the comments made by the Agronomist from the INTA, stating that the public tree planting project in the city started approximately 4 or 5 years ago, and the Municipal Ordinance approving it dates back to 2019.

As seen in figures 29 and 30, there is a significant difference in surface temperatures on concrete between areas shaded by a tree and those outside it. This difference is less noticeable in air temperature, where we observed only a 2 to 3°C difference. On sidewalks with grass cover, surface temperature is also lower than on concrete cover. These data demonstrate how leafy surfaces reflect sunlight, preventing it from reaching the ground. Thus, areas shaded by a tree absorb less heat, preventing the subsequent release of heat into the air, confirming the correctness of our hypothesis. Reducing the city's temperature is crucial to avoiding adverse effects such as heatwaves, which pose a risk to human health, particularly for children and the elderly. Additionally, high temperatures can cause discomfort not only to the human population but also to the fauna that coexists in the city, such as certain bird species.

Urban areas have dry and impermeable surfaces, like roofs, sidewalks, and streets; as cities develop, more vegetation is lost, and more surfaces are paved or covered with buildings. This change provides less shade and moisture to keep areas cool. Built areas evaporate less water, contributing to elevated surface and air temperatures.

It is essential for the Municipality and citizens to reconsider the importance of trees in our daily lives. Our data indicate that preventing sunlight from reaching construction areas prevents temperature increases. Therefore, the focus should be on vegetative cover, such as trees and vegetation in general, as they provide shade. They also reduce air temperature through a process called evapotranspiration, where the plant releases water into the surrounding air, regulating ambient heat. Trees and shade-providing plants are crucial for cities and towns, as high heat can be dangerous, particularly for human and animal health, and for the surrounding environment.

Concerning the types of trees to be planted, we must respect the species suggested by professionals. They should not grow too large in their canopy due to the narrow sidewalks of the city and should not have prominent roots to prevent sidewalk lifting and pipe ruptures. Prioritizing native species is advisable, as they are better adapted to the environment and benefit biotic interactions with other living beings.

Determining if our city behaves as an urban heat island requires more data; what we have collected so far is not sufficient to prove or reject this point. We believe this question gives rise to further research where not only more data are collected but also other variables are considered, such as cloud cover, winds, seasonality, atmospheric pressure, among other parameters.

Action Lines:

The Municipality should encourage tree planting, but this should be accompanied by a study of different city zones and the layout of gas, sewage, and water pipelines, as well as electrical, telephone, and cable wiring. As a citizen responded in the survey, "this issue must be approached with all possible precautions because it's not just about planting trees on a street for shade or aesthetics."

If we want our city to achieve some of the sustainable development goals by 2030, we must plant as many trees as possible soon. According to Agronomist Raúl Brassesco, the change will only be visible in 5 to 10 years, depending on the tree species planted.

As a future projection, it would be beneficial to create a pamphlet promoting the planting of specific tree species on sidewalks and including basic care instructions for each tree to reach a good size.

We also request permission from the owners of the school building to take a step in the initiative and plant some specimens on the sidewalk.

In September 2023, we began creating seedlings of different trees. We collected seeds from adult trees and learned how to improve their germination. We prioritized native species but also germinated some exotic species already established in our country. We are carrying out this project in cooperation with some 3rd-year students. The idea is to plant them later on the grounds of the new school building and, if we manage to produce many seedlings, we can donate them to the community for planting by neighbors on sidewalks, create a trail of native trees along the city's waterfront, increase the tree population in parks, etc.

As part of the guidelines for community improvement, it is important that in the new city development, sidewalk width is increased to make them more suitable for tree planting and have grass instead of construction material. This is a visible fact in new neighborhoods and urban areas farther from the city center (*see Figure 35*). Regarding the downtown area, green corridors could be developed. This involves widening sidewalks to enhance greenery, reducing streets to only half the roadway, allowing vehicles to move in a single lane, and eliminating parking in that area (*see Figure 43*). To achieve a more sustainable environment in the city center, experts are expected to propose innovative solutions that benefit the community. This would allow residents to enjoy a healthier and more harmonious urban space, creating a positive impact on everyone's quality of life.

ACKNOWLEDGMENTS:

We want to thank the management team for providing us with the necessary time to carry out all the experiments required for this project, as well as the students from other courses who participated in data collection.

A special thanks to Licensed in Physical Sciences Marta Risso for helping us in the various experiences that involved physical principles, and to the 6th-year students of Secondary Level, Juliana Toriggino and Agustín Cabrera, who gave us a class on thermal energy, temperature, and heat for better understanding, since these are topics covered in higher years.

We appreciate the visit of Agricultural Engineer Raúl Brassesco and his talk on public tree planting in the city.

An acknowledgment to Liliana Vivas for her unconditional assistance at every moment we needed it, both in formatting and in drafting the project. We also want to express our gratitude to Agustina Molerés and Agustina Mundani, who collaborated in correcting the translation of the project into the English language.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES:

Aprovechamiento de la inercia térmica del hormigón para el ahorro energético de los edificios, Universidad Tecnológica Nacional. La Plata, Argentina vol. 3, e018, 2021 Retrieved on July 2, 2023 from <http://portal.amelica.org/ameli/journal/266/2662024006/>

Autores del equipo de Expedición Ciencia (2012) Asociación Civil Expedición Ciencia Retrieved from <https://expedicionciencia.org.ar/wp-content/uploads/2015/04/C%C3%B3mo-medir-el-calor.pdf>

Autores varios (2003) Gran Atlas de la República Argentina y del mundo. Editorial Planeta De Agostini Argentina. Buenos Aires, Argentina.

Del Valle, N. (September 11, 2023). Conversation. Retrieved from https://drive.google.com/file/d/1QUwmSeTaw1CSiKp43x6Zt8SGYje__fe0/view?usp=sharing

Brasesco, R. (August 30, 2023). Conversation on the Public Tree Planting Project in the City of Victoria. Retrieved from https://drive.google.com/file/d/1Jrlbwzb3XNhZKjDbw7_cy_NUSBIR1WS2/view?usp=drive_link

Dalgalarondo, E. (October 26, 2023). Conversation on Urban Tree Planting in the Climate Change Adaptation Strategy. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=si5ixZY167A>

Fundación Vida Silvestre Argentina (<https://www.vidasilvestre.org.ar/>)

GIFEX, Mapa ambiental de la provincia de Entre Ríos. Retrieved on July 26, 2023 from https://www.gifex.com/America-del-Sur/Argentina/Entre_Rios/Tematicos.html

Gómez Arias, V. (2020) Beneficios de los árboles en el confort térmico de las viviendas. Universidad EIA. Retrieved on July 2, 2023 from https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/4008/GomezValentina_2021_BeneficiosArbolesConfort.pdf?sequence=8&isAllowed=y

La Gaceta. (s.f.). Ensanchan veredas en Buenos Aires en la primera cuadra. Retrieved from <https://www.lagaceta.com.ar/nota/601405/sociedad/ensanchan-veredas-buenos-aires-primera-cuadra.html>

Ministerio de Educación Presidencia de la Nación. Retrieved from <https://mapoteca.educ.ar/>

Municipalidad de Victoria. Retrieved from www.victoria.gob.ar

Nubes y clima Laboratorio de ciencias físicas Retrieved on July 6, 2023 from https://psl.noaa.gov/outreach/education/science/clouds_and_climate.html

Atmospheric Research Protocols (2005) Retrieved from https://www.globe.gov/documents/10157/381040/atmo_chap_es.pdf

Biosphere Research Protocols (2005) Retrieved from https://www.globe.gov/documents/10157/381040/land_chapter_es.pdf

Science Bits Educational platform (<https://science-bits.com.ar>)

Secretaría de Planificación Territorial y Coordinación de Obra Pública (2018) Plan Estratégico Territorial VICTORIA Provincia Entre Ríos. Retrieved on July 22, 2023 from https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_estrategico_territorial_victoria.pdf

Turismo Entre Ríos. (n.d.). Map of the location of Entre Ríos province [Map]. Retrieved January 22, 2024, from <https://www.turismoentrerios.com/provincia/limites.htm>

U.S. Environmental Protection Agency. 2008. "Urban Heat Island Basics." In: Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Draft. <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>.

ANNEX 1: Selected Badges

Problem Solver

We chose this badge because as we worked on the project, we realized that the lack of public trees on sidewalks promotes anthropogenic climate change, as built surfaces outweigh green areas in the city, especially in the downtown area and its surroundings. To address this issue, a basic solution is to increase the number of trees on sidewalks. For this reason, during some of our outings, we collected seeds from different tree species to germinate and produce seedlings that, after a certain time, with proper care and depending on the variety, can be planted in the city. This effort will be accompanied by an explanatory brochure about the importance of trees with their ecosystem services and specific care instructions in case a neighbor wants to plant a tree on the sidewalk.

Community Impact

We chose this badge because we identified the lack of public trees on the sidewalks of our city, particularly in the downtown area and its surroundings, as a problem. From there, we embarked on a path that we believe will leave a lasting impact on the community.

The first step was to consult citizens about this issue and the need to address it. Then, through students Agustín López Forlese and Ulises Julio, from 5th year of secondary school, we presented a modification to the public tree ordinance at the City Council. This gave new impetus to the ordinance, with some modifications such as prioritizing native trees and eliminating some invasive species from the suggested ones, which are already a problem in our native forests. We also emphasized the importance of prioritizing the project to meet the Sustainable Development Goals (SDGs) in a timely manner. The City Council showed great interest in the project, so we expect it to be approved in the course of 2024.

Finally, starting to grow seedlings of different tree species as a way to contribute to this project is a way to have an impact on society and the community.

STEM Professional

We chose this badge because during the project, we had the collaboration of two agronomic engineers through technical talks, providing us with information about the importance of public trees. They explained the ecosystem services of trees, their advantages, and the selection of species to mitigate future problems such as sidewalk lifting or their final size, given that the sidewalks in the downtown area and surroundings are very narrow. One of them was also involved in the initial project that led to Municipal Ordinance No. 3797 on public tree planting, providing us with additional details on tree planning.

To carry out the field study, where we wanted to demonstrate the effect of sunlight on different surfaces and compare it with the same ground cover but in the shade, we consulted the physics licentiate who guided us on how to conduct the experimental part using GLOBE protocols. Additionally, she advised the talks prepared by the 6th-year students to explain everything we did not know about sunlight, heat transmission, and waves, particularly those related to the sun.

ANNEX 2: Photographs taken throughout the project



Figure 31: 1st-year students A and B.

Source: Own authorship.

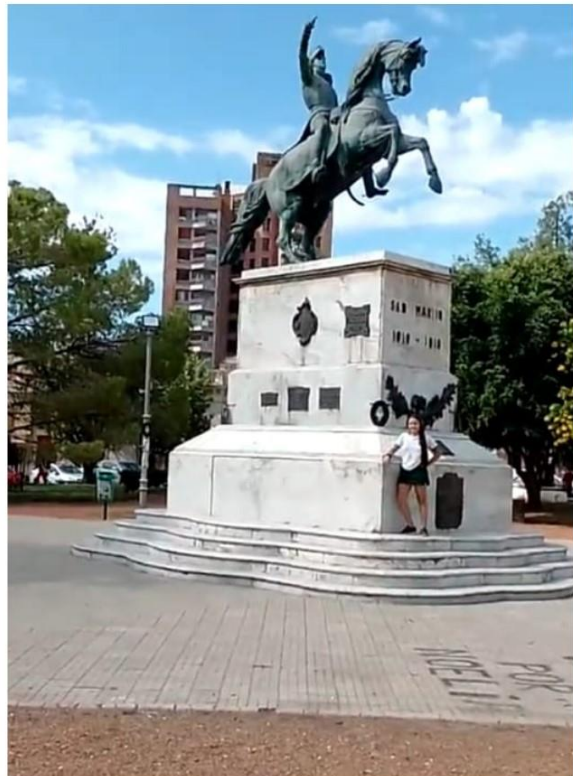


Figure 32: Measuring trees in the parks using the GLOBE protocols for height and trunk circumference.
Source: Own authorship.



Figure 33: Photographs of the downtown area of Victoria, Entre Ríos, Argentina. Source: Author's own work.



Figure 34: Photographs of the downtown area of Victoria, Entre Ríos, Argentina. Source: Author's own work.

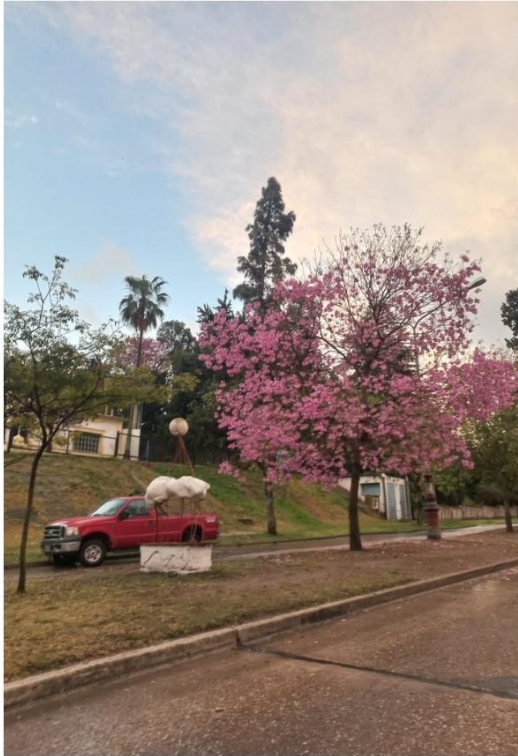


Figure 35: Wider streets and sidewalks in areas away from the city center, and boulevards that traverse or surround the city. Source: Author's own work.

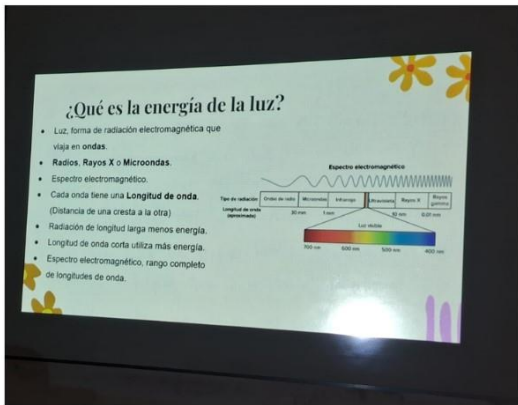


Figure 36: Discussions with more advanced high school students and interviews with various professionals. Source: Author's own work.



*Figure 37: Measuring tree height manually.
Source: Author's own work.*

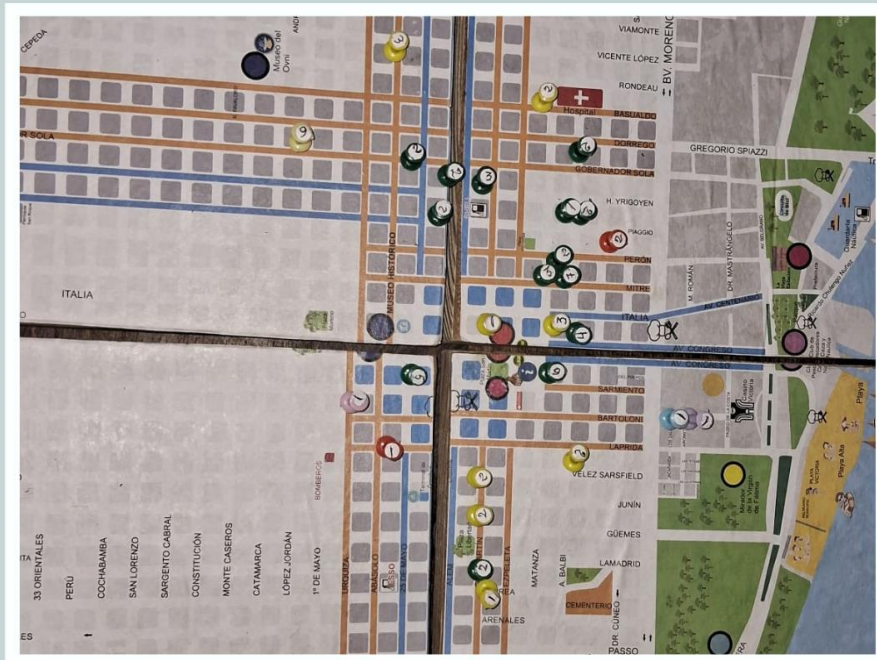


Figure 39: Model in progress: each color of pin indicates a tree species, and the number above indicates the quantity in one block. Source: Author's own work.

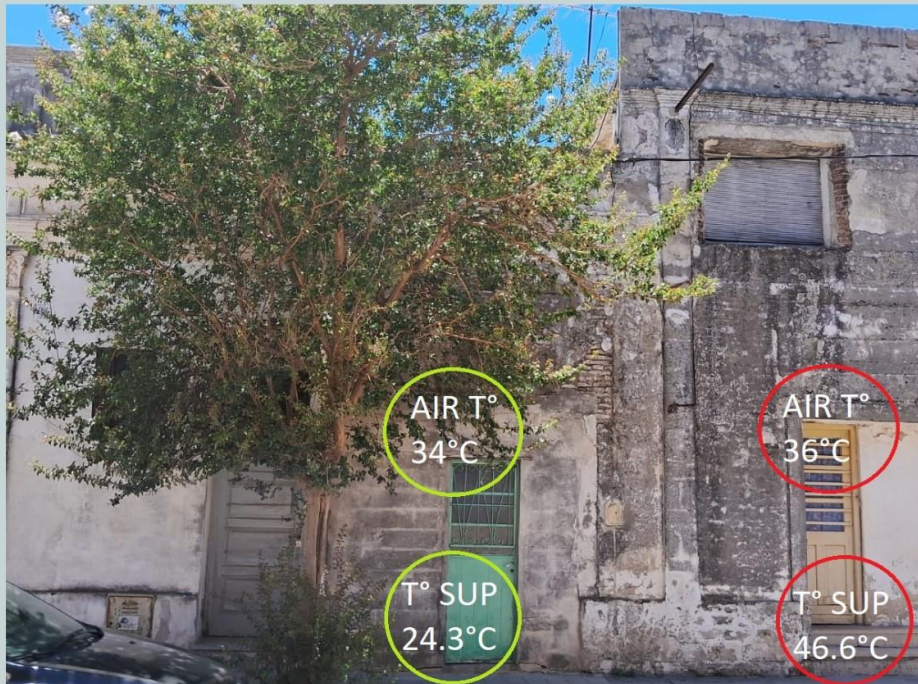


Figure 40: At the site "Chacabuco 214," comparison of air and surface temperature measurements in the shade of a *Lagerstroemia indica* tree, 5.64 meters in height, and outside of it. The first photo corresponds to November 27, 2023, and the second to December 22, 2023. Source: Author's own work.



*Figure 41: At the site "Sarmiento 639," comparison of air and surface temperature measurements in the shade of a *Ligustrum lucidum* tree, 5.06 meters in height, and outside of it. The measurement is from December 22, 2023.*

Source: Author's own work.

ANNEX 3: Table of temperature and land cover study sites

Table 2: Sites, with their latitudes, longitudes, and elevations, containing all data on air and surface temperatures, wind speed and direction, and their land cover. Data is compared for measurements taken in the same location in shade and sunlight, and with different surface coverings.

site_id	latitude	longitude	elevation		measured on	Air temperature °C	Surface temperature °C	Diference in surface temperature	Wind m/s	Direccion	Land cover	Conditions	Coments
The GLOBE ID assigned to the site													
Chacabuco 214	-32,62584	-60,15594	51.1		Local Hour	36	46,6		1,7	NE	Concrete	Seco	sun
Chacabuco 214	-32,62584	-60,15594	51.1		15:25	34	24,3	22,3	1,7	NE	Concrete	Seco	Shade
Congreso 239	-32,62420	-60,16070	44.3		15:13	37	49,1		1,1	NE	Concrete	Seco	sun
Espeleta 73	-32,62107	-60,15919	61.8		14:20	36	47,2		1,7	NE	Concrete	Seco	sun
Irigoyen 550	-32,62350	-60,15160	53.2	27/11/2023	14:10	37	55,7		1,3	NE	Concrete	Seco	sun
Sarmiento 639	-32,62146	-60,15841	61.4		14:30	35	51,8		2,7	NE	Concrete	Seco	sun
Sarmiento 869	-32,61630	-60,15110	40.0		14:40	37	49,6		1,4	NE	Concrete	Seco	sun
Sarmiento sn	-32,61630	-60,15110	40.0		14:50	35	45,9		1,1	NE	Concrete	Seco	sun
Sarmiento y Bv Lavalle	-32,61360	-60,14710	37.7		15:09	34	48,3		1,6	NE	Concrete	Seco	sun
Chacabuco 214	-32,62584	-60,15594	51.1		12:40	27	32,3	10,4	1,3	NE	Concrete	Seco	sun
Chacabuco 214	-32,62584	-60,15594	51.1		12:45	25	21,9		2,3	NE	Concrete	Seco	Shade
Congreso 239	-32,62420	-60,16070	44.3		12:39	27	38,9		1,4	NE	Concrete	Seco	sun
Espeleta 73	-32,62107	-60,15919	61.8		13	26	32,6		1,9	NE	Concrete	Seco	sun
Irigoyen 550	-32,62350	-60,15160	53.2		11:42	25	42,6		1,4	NE	Concrete	Seco	sun
Sarmiento 639	-32,62146	-60,15841	61.4	22/12/2023	12:01	27	37,3	14,7	2,5	NE	Concrete	Seco	sun
Sarmiento 639	-32,62146	-60,15841	61.4		12:05	24	22,6		2,5	NE	Concrete	Seco	Shade
Sarmiento 869	-32,61630	-60,15110	40.0		12:11	25	45,6		1,5	NE	Concrete	Seco	sun
Sarmiento sn	-32,61630	-60,15110	40.0		12:18	24	39,2	4,3	1,8	NE	Concrete	Seco	sun
Sarmiento sn	-32,61630	-60,15110	40.0		12:22	24	34,9		1,8	NE	Grass	Seco	sun
Sarmiento y Bv Lavalle	-32,61360	-60,14710	37.7		12:30	25	46,9		0	NE	Concrete	Seco	sun

Source: Author's own creation

ANNEX 4: Location of air and surface temperature measurement sites on the city map

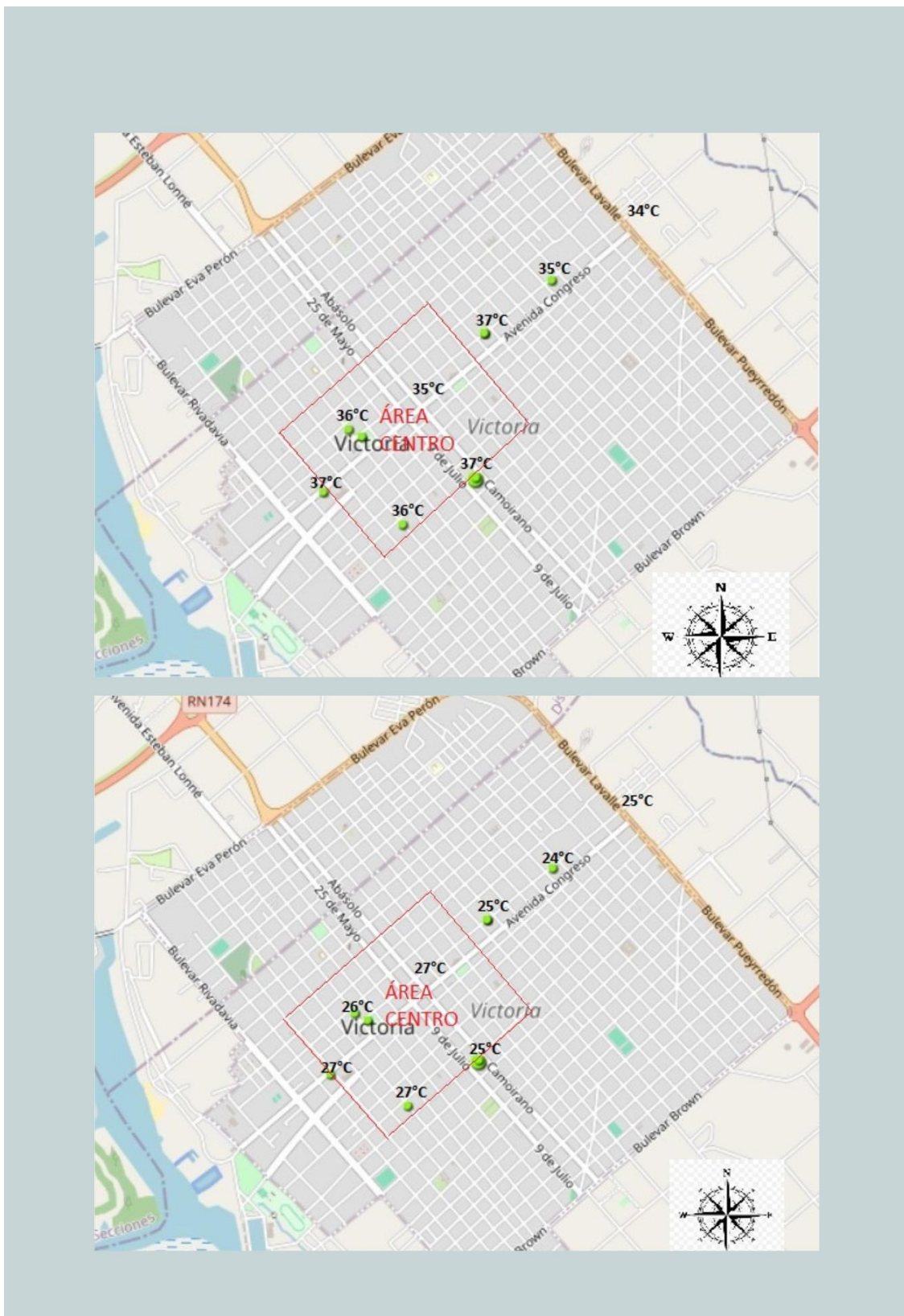


Figure 42: Measurements of air temperature in different sectors of the city. The upper panel corresponds to November 27, and the lower panel to December 22, 2023. Source: <https://vis.globe.gov/GLOBE/>.

ANNEX 5: Design of a green corridor or pedestrianization



Figure 43: Widening of sidewalks to enable tree planting.

Source: <https://www.lagaceta.com.ar/nota/601405/sociedad/ensanchan-veredas-buenos-aires-primera-cuadra.html>