

LABO RATORIO VE GETAL

A stylized yellow plant graphic on the right side of the page. It features a vertical stem with a horizontal branch at the top, a curved branch in the middle, and another horizontal branch at the bottom. There are three yellow leaves: one at the top, one on the middle branch, and one at the bottom. A small blue bird with a green beak and a white eye is perched on the middle branch.

INF-EYP-018

Informe Estado de Desarrollo

Laboratorio Vegetal Las Salinas

Período: otoño 2024

LAS SALINAS

**“Mira profundamente en la naturaleza
y entonces comprenderás todo mejor.”**

Albert Einstein

El Laboratorio Vegetal Las Salinas continúa consolidándose como un referente de innovación en el estudio de la vegetación nativa en entornos urbanos, demostrando que es posible articular ciencia, gestión territorial y conservación en un mismo espacio. En esta etapa de otoño 2024, marcada por el tránsito natural de follaje a hojarasca, el laboratorio ofrece nuevas evidencias sobre cómo los ciclos estacionales no solo transforman el paisaje, sino que también inciden en la dinámica de biodiversidad y en los servicios ecosistémicos que sostienen a la ciudad. La observación de cambios volumétricos y la riqueza de especies durante esta temporada permiten comprender mejor las variaciones en la cobertura vegetal y sus implicancias en la resiliencia del ecosistema, aportando información valiosa para la planificación de áreas verdes más sostenibles y adaptadas al contexto local.

Más allá de los datos técnicos, este informe busca resaltar el valor del laboratorio como espacio de aprendizaje y de conexión entre comunidad y naturaleza. La presencia de especies nativas y endémicas reafirma la importancia de proteger un patrimonio biológico único, al mismo tiempo que fortalece la capacidad de las ciudades para enfrentar desafíos ambientales como el cambio climático y los incendios forestales.

Cada registro de crecimiento o retroceso vegetal se convierte en una oportunidad para reflexionar sobre el rol de la naturaleza en la vida urbana y sobre la necesidad de diseñar territorios que integren funcionalidad ecológica, bienestar social y resiliencia climática. De esta forma, el Laboratorio Vegetal Las Salinas trasciende el ámbito académico, proyectándose como un modelo replicable de cómo la investigación científica puede inspirar transformaciones concretas en el desarrollo urbano y en la relación de las personas con su entorno.

Atentamente,
Equipo Las Salinas

INFORME OTOÑO 2024



De follaje a hojarasca

Laboratorio Vegetal Las Salinas

Autor: Salvador Donghi R.

Fotografía de portada: Otoño 2024. Fotos S. Donghi.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. METODOLOGÍA.....	2
3.1. OBTENCIÓN DE ORTOMOSAICO DE ALTA RESOLUCIÓN	2
3.2. DETERMINAR LA FUNCIÓN $f(x)$ DEL DESARROLLO DE VOLUMEN VEGETAL	3
3.2.1. Medición del volumen vegetal	3
3.2.2. $f(x)$ para el volumen vegetal desarrollado	4
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	4
5. CONCLUSIÓN	11
6. BIBLIOGRAFÍA.....	13
7. ANEXO METODOLÓGICO	17
7.1. OBTENCIÓN DEL ORTOMOSAICO DE ALTA PRECISIÓN	17
7.1.1 Materiales	17
7.1.2 Parametrización	17
7.1.3 Visualización por parcela del modelo tridimensional	17
7.2. INDICADOR DE CRECIMIENTO	18

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. VALORES DE QZ Y VOLUMEN VEGETAL REGISTRADOS EN LOS DISTINTOS CONTROLES.	4
TABLA 2: CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES.	9
TABLA 3: EQUIPOS UTILIZADOS Y SUS RESPECTIVAS FUNCIONES.....	17

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: GRÁFICAS DE LA COMPOSICIÓN VOLUMÉTRICA VEGETAL DE CADA PARCELA DE MUESTREO EN EL LVLS.	5
FIGURA 2: GRÁFICO CON MODELO AJUSTADO PARA EL COMPORTAMIENTO DEL ÍNDICE QZ EN EL TIEMPO.....	9
FIGURA 3: GRÁFICO DE RIQUEZA (S) DE ESPECIES VEGETALES DURANTE EL TIEMPO.....	9
FIGURA 4: GRÁFICO DE RIQUEZA (S) POR PARCELA CENSAL DURANTE EL TIEMPO.....	10
FIGURA 5: GRÁFICO CON EL MODELO AJUSTADO PARA EL COMPORTAMIENTO DE S EN EL TIEMPO.....	10
FIGURA 6: MODELO 3D DE LA P-3, VISTA DESDE EL NORESTE AL SUROESTE	17

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1.....	3
ECUACIÓN 2.....	3
ECUACIÓN 3.....	7
ECUACIÓN 4.....	8
ECUACIÓN 5.....	18
ECUACIÓN 6.....	18

1. INTRODUCCIÓN

En Chile, las políticas actuales sobre áreas verdes urbanas, enfatizan su importancia como espacios esenciales para la calidad de vida en las ciudades. Iniciativas como la Política Nacional de Parques Urbanos (PNPU) buscan incrementar la cobertura de áreas verdes en zonas urbanas, promoviendo diseños que integren criterios de sostenibilidad y funcionalidad. Estas políticas reconocen que las áreas verdes no solo mejoran la calidad del aire y mitigan el efecto de isla de calor urbano, sino que también, desempeñan un papel crucial en la conservación de la biodiversidad y la conexión de los habitantes con la naturaleza (MINVU, PNUD, 2021).

En este contexto, uno de los enfoques más relevantes, es la inclusión de especies vegetales nativas en el diseño y mantenimiento de estas áreas. Esto, dado que las especies nativas están mejor adaptadas a las condiciones climáticas locales, lo que reduce significativamente la necesidad de agua y mantenimiento, haciéndolas una alternativa más sostenible frente a especies exóticas. Además, estas plantas contribuyen al fortalecimiento de los ecosistemas locales al servir de hábitat y fuente de alimento para fauna autóctona, promoviendo la biodiversidad urbana.

En cuanto a la contingencia climática actual, el uso de especies nativas también tiene el potencial de mitigar los riesgos asociados a los incendios forestales. Muchas especies nativas presentan menor inflamabilidad en comparación con especies exóticas, como pinos y eucaliptos, reduciendo así el riesgo de propagación de incendios en áreas cercanas a zonas urbanas. En efecto, un estudio en Estados Unidos (USGS, 2024), señala que las especies invasoras, como las gramíneas exóticas, suelen aumentar la frecuencia y la intensidad de los incendios. Estas gramíneas invasoras, como la *Bromus tectorum*, son altamente inflamables y contribuyen al aumento del riesgo de fuego en áreas donde reemplazan a especies nativas que son menos propensas a arder. De esta manera, la planificación de áreas verdes con especies nativas no solo aborda desafíos ecológicos y sociales, sino que también actúa como una medida preventiva frente a desastres naturales, fortaleciendo la resiliencia de las ciudades.

El Laboratorio Vegetal Las Salinas se dedica a implementar prácticas alineadas con estas políticas y enfoques, orientadas a promover el desarrollo sostenible de las áreas verdes urbanas. Su labor se destaca por fomentar la conservación de la biodiversidad y por contribuir a la gestión de riesgos ambientales, posicionándose como un modelo innovador en la planificación y manejo de espacios verdes en entornos urbanos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Informar de la evolución estacional del laboratorio vegetal mediante la aplicación de un índice de crecimiento.

2.2. Objetivos Específicos

- 2.2.1 Determinar la función matemática que describe el desarrollo del volumen vegetal.
- 2.2.2 Determinar qué tipo de índice de biodiversidad expresa de mejor manera la mantención del número de especies que conforman el corte floral de la asociación vegetal bioclimática en un contexto urbano.
- 2.2.3 Desarrollar un índice de crecimiento que integre el desarrollo del volumen vegetal y de la biodiversidad.

3. METODOLOGÍA

3.1. Obtención de Ortomosaico de alta resolución

La información del área de estudio fue levantada el 28 de marzo de 2024. La medición en terreno incluyó desde la instalación de puntos de control de terreno (GCP del inglés Ground Control Points), hasta la evaluación de las condiciones atmosféricas y de interferencia para determinar la modalidad final del vuelo.

La obtención del ortomosaico de alta resolución se realizó en base a la obtención de una nube de puntos densa, la cual reflejó las propiedades tridimensionales del área de estudio que dieron origen al modelo tridimensional. Es así como a partir de este modelo, se determinaron los volúmenes totales de cada parcela censal.

Esta metodología consideró la utilización de equipos y recursos informáticos que se especifican en la Tabla 3 del ANEXO METODOLÓGICO, sobre los cuales se ajustaron diferentes parámetros, acorde a las

condiciones del terreno. Estos consistieron en: determinación de la altura del vuelo, solape frontal y lateral y, dirección y velocidad de vuelo.

Los GCP fueron medidos con un GPS geodésico de alta precisión “Hemisphere S320”, de modo de minimizar el error de las coordenadas en la superficie levantada.

El vuelo efectuado generó 630 imágenes, las cuales fueron ingresadas al software Agisoft Metashape y validadas con los GCP. Así se obtuvo el ortomosaico y el Modelo Digital de Elevación (MDE), mediante el cual se realizó el cálculo volumétrico de las especies vegetales con la técnica de fotointerpretación. Dicha técnica, a su vez, fue contrastada con las cartografías de las parcelas censales validadas por registros censales tomados en controles anteriores.

La precisión metodológica se presenta en el punto 7.1 “Obtención del Ortomosaico de Alta Precisión”.

3.2. Determinar la función $f(x)$ del desarrollo de volumen vegetal

3.2.1. Medición del volumen vegetal

Se mantuvo el fundamento de que la vegetación ambientalmente activa, debe ser considerada en relación a la unidad de superficie de suelo que ocupa (cálculos determinados en el informe INF-EYP-004-ANEXO y fundamentos metodológicos desarrollados en el INF-EYP-006-ANEXO). De este modo, su fórmula fue:

$$q_z = \frac{m^3 P_i}{m^2 \text{ totales } P_c} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$m^3 P_i$ = m³ de cobertura vegetal total de cada parcela i descrita.

$m^2 \text{ totales } P_c$ = m² se superficie total de las parcelas censadas.

Para determinar la cantidad de vegetación ambientalmente activa por unidad de superficie de terreno ocupado por control realizado, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n q_z = (q_z + q_{z+1} + q_{z+2} + \dots + q_n) \quad \text{Ecuación 2}$$

3.2.2. $f(x)$ para el volumen vegetal desarrollado

Mediante la obtención de los índices de correlación (R^2) para q_z por parcela censal, se determinó bajo qué función se encontraba el desarrollo vegetal en cada una.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El volumen vegetal registrado en la medición del 28 de marzo de 2024 fue de 207,11 m³. Esto representa un aumento del 10,05% del volumen y un 10,0% del índice de crecimiento q_z , en comparación a la medición del control anterior (véase Tabla 1). Las parcelas que presentaron un mayor aumento en el volumen son P4, P2 y P6, los cuales ascendieron en 6,69; 5,42 y 4,37 m³, respectivamente. Por otra parte, las parcelas P8 y P3 disminuyeron su volumen vegetal en 7,29 y 2,05 m³, respectivamente.

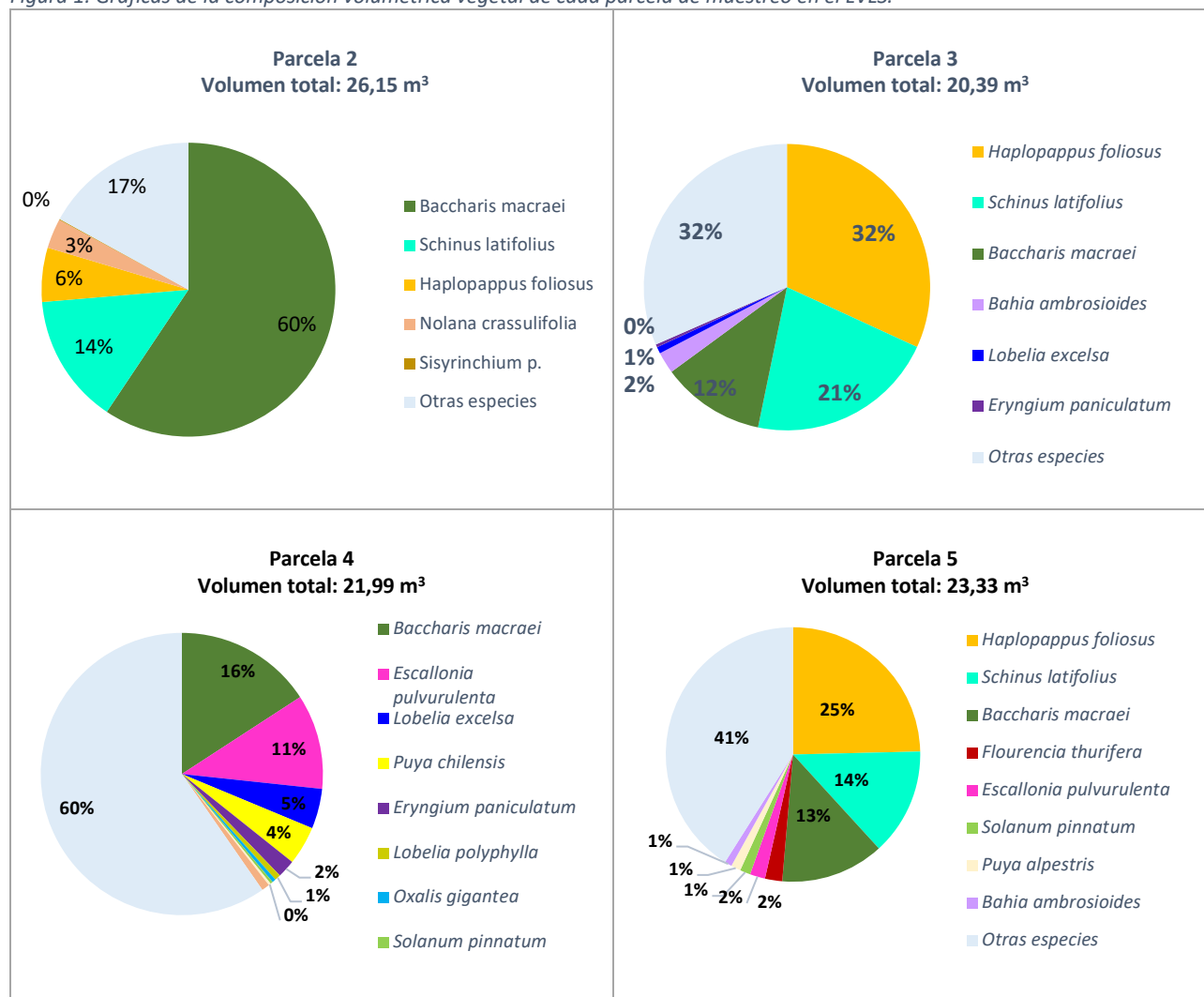
Tabla 1. Valores de q_z y volumen vegetal registrados en los distintos controles.

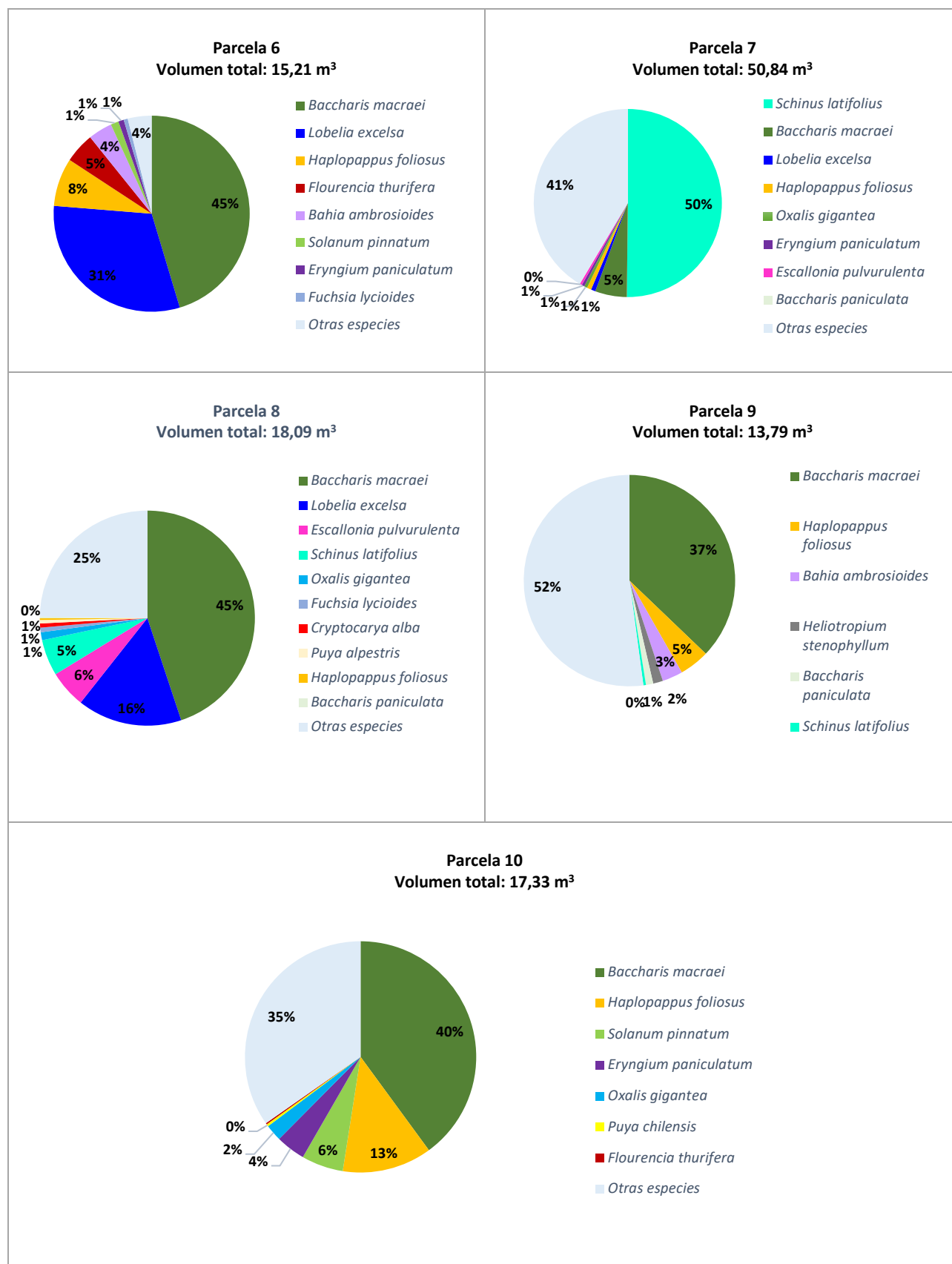
Periodo	Parcelas censadas m ² totales / Parc.	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	TOTAL
		41,89	40,68	41,46	40,56	41,03	42,35	42,00	44,79	42,47	377,23
oto-2019	Vol Veg (m ³)	0,97	1,76	0,66	1,07	1,05	0,98	0,91	0,96	0,89	9,25
	Q_z	0,0026	0,0047	0,0017	0,0028	0,0028	0,0026	0,0024	0,0025	0,0024	0,02
inv-2019	Vol Veg (m ³)	4,75	8,65	5,33	5,95	5,85	5,84	6,26	3,13	4,60	50,36
	Q_z	0,013	0,023	0,014	0,016	0,015	0,015	0,017	0,008	0,012	0,13
ver-2020	Vol Veg (m ³)	5,18	8,67	7,25	5,77	7,95	11,02	11,03	5,81	6,02	68,71
	q_z	0,0137	0,0230	0,0192	0,0153	0,0211	0,0292	0,0293	0,0154	0,0160	0,18
oto-inv-2020	Vol Veg (m ³)	7,42	10,96	8,08	8,06	9,55	13,84	11,94	7,61	8,95	86,40
	q_z	0,0197	0,0290	0,0214	0,0214	0,0253	0,0367	0,0316	0,0202	0,0237	0,23
pri-2020	Vol Veg (m ³)	7,89	14,00	10,35	9,29	10,44	14,34	9,82	6,95	7,50	90,59
	q_z	0,0209	0,0371	0,0274	0,0246	0,0277	0,0380	0,0260	0,0184	0,0199	0,24
ver-2021	Vol Veg (m ³)	8,73	14,95	12,74	8,84	10,59	17,03	12,28	6,96	6,54	98,65
	q_z	0,0231	0,0396	0,0338	0,0234	0,0281	0,0451	0,0326	0,0184	0,0173	0,26
oto-inv-2021	Vol Veg (m ³)	10,80	14,64	11,46	8,39	10,96	17,57	13,93	6,42	6,89	101,05
	q_z	0,0286	0,0388	0,0304	0,0223	0,0291	0,0466	0,0369	0,0170	0,0183	0,27
ver-2022	Vol Veg (m ³)	12,14	12,41	12,48	9,81	12,17	18,10	18,47	5,91	9,32	110,82
	q_z	0,0322	0,0329	0,0331	0,0260	0,0323	0,0480	0,0490	0,0157	0,0247	0,29
oto-2022	Vol Veg (m ³)	13,50	13,90	18,07	12,49	11,60	24,43	19,19	6,36	11,27	130,81
	q_z	0,0358	0,0368	0,0479	0,0331	0,0307	0,0648	0,0509	0,0169	0,0299	0,35
oto-2023	Vol Veg (m ³)	14,21	15,40	20,56	10,35	14,84	27,31	19,32	8,96	9,95	140,90
	q_z	0,0377	0,0408	0,0545	0,0274	0,0393	0,0724	0,0512	0,0238	0,0264	0,37
inv-2023	Vol Veg (m ³)	16,25	18,39	24,07	18,89	13,59	44,48	40,26	8,43	13,22	197,56
	q_z	0,043	0,049	0,064	0,050	0,036	0,118	0,060	0,022	0,035	0,48
ver-2023	Vol Veg (m ³)	20,73	22,44	15,30	21,00	10,84	49,76	25,38	9,61	13,14	188,19
	q_z	0,0550	0,0595	0,0406	0,0557	0,0287	0,1319	0,0673	0,0255	0,0348	0,50
oto-2024	Vol Veg (m ³)	26,15	20,39	21,99	23,33	15,21	50,84	18,09	13,79	17,33	207,11
	q_z	0,0693	0,0541	0,0583	0,0618	0,0403	0,1348	0,0479	0,0365	0,0460	0,55

Para visualizar la distribución relativa del volumen total entre las especies vegetales más representativas, se diseñaron gráficos (véase Figura 1) que muestran el porcentaje que cada especie

aporta al volumen total de cada parcela. Estos gráficos comparten una leyenda uniforme, utilizando los mismos colores para cada especie, para facilitar la comprensión de la composición vegetal y la identificación de las especies dominantes en cada área de estudio.

Figura 1: Gráficas de la composición volumétrica vegetal de cada parcela de muestreo en el LVLS.





La parcela P7 registra el mayor volumen vegetal, con un total de 50,84 m³. Dentro de esta parcela, la especie más predominante es *Schinus latifolius*, que representa el 50% del volumen total de la cobertura vegetal. Le sigue *Baccharis macraei*, con una representatividad del 5%.

La parcela P2 registra el segundo mayor volumen vegetal, con un total de 26,15 m³. En este caso, la especie dominante es *Baccharis macraei*, que aporta el 60% del volumen total, mientras que *Schinus latifolius* ocupa el segundo lugar con una representatividad del 14%.

El tercer mayor volumen vegetal lo registra la parcela P5, con un total de 23,33 m³. En esta parcela la especie dominante es *Haplopappus foliosus*, la cual aporta el 25% del volumen vegetal total, seguida de *Schinus latifolius* y *Baccharis macraei*, con una representatividad del 14% y 13%, respectivamente.

De manera análoga, la parcela P9 registra el menor desarrollo de volumen vegetal, con un total de 13,79 m³. Dentro de esta parcela la especie más predominante es *Baccharis macraei*, la cual aporta el 37% del volumen total. Le siguen *Haplopappus foliosus* y *Bahia ambrosioides*, con una representatividad del 5% y 3%, respectivamente.

Según el análisis realizado, se observa que entre las parcelas que mostraron un mayor incremento en su volumen vegetal, respecto a la medición anterior (P4, P2 y P6), únicamente la parcela P2 figura entre las tres parcelas con mayor volumen total. Estos resultados muestran que un aumento reciente en el volumen vegetal no asegura una posición destacada en términos de volumen total acumulado. Esto se evidencia en las parcelas P4 y P6 que, a pesar de haber experimentado un crecimiento considerable en la última medición, no alcanzan un volumen total comparable al de las parcelas como P2, que combinan un desarrollo reciente con un volumen previamente acumulado. Estas variaciones reflejan las diferencias entre las condiciones iniciales de cada parcela, así como sus características particulares de asociatividad, incluyendo la composición y la dinámica de crecimiento de las especies presentes.

El comportamiento del índice qz en el tiempo (DÍAS TRANS) se muestra en la

Figura 2. En esta figura, ambas variables tienen un tipo de regresión simple del modo lineal. La ecuación que representa este tipo de regresión se presenta en la Ecuación 5.

$$q_z = 0,875023 + 0,00224389 \times \text{DIAS TRANS}$$

Ecuación 3

El estadígrafo r^2 indica que el modelo ajustado explica el 93,9675% de la variabilidad en qz . El coeficiente de correlación es igual a 0,969369, lo que indica una relación relativamente fuerte entre ambas variables.

El error estándar de la estimación muestra que la desviación estándar de los residuos es de 0,358168. Es decir, este valor representa el alejamiento de los qz medidos respecto de la línea de regresión. Sin embargo, todos ellos se encuentran dentro del intervalo de predicción. Este intervalo está representado con líneas rojas en la

Figura 2. No obstante, el error estándar se puede utilizar para construir límites de predicción para nuevas observaciones.

El análisis de Riqueza (S) muestra un incremento respecto al control efectuado en el período ver 24 y, a la misma estación del año anterior (véase Figura 3). Este incremento está relacionado con la aparición estacional de *Sisyrinchium arenarium* y *Leucocoryne purpurea*. Dentro de este control, la parcela con el más alto índice S fue P8. Tal como se aprecia en la Figura 4, P8 es la parcela que históricamente ha mantenido un mayor número de especies vegetales.

El modelo que mejor describe la relación entre S y DÍAS TRANS es un modelo de recíproco doble y se define bajo la Ecuación 4

$$S = \frac{1}{\left(0,0392748 + \frac{0,00240701}{DIAS\ TRANS}\right)}$$

Ecuación 4

Dado que el p -value es mayor a 0,05, no existe una relación estadísticamente significativa entre S y DIAS TRANS en un nivel de confianza que alcance al 95,0%. (véase Tabla 2).

El estadígrafo r^2 indica que el modelo ajustado al tipo “recíproco doble” explica sólo el 14,47% de la variabilidad entre S y los DÍAS TRANS. Este valor indica una relación relativamente débil entre ambas variables. El error estándar de la estimación muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,00169125, lo que representa un alejamiento de la S medida respecto de la línea de regresión. Esto implica que el 60% de los datos están por fuera del intervalo de confianza de la media (véase Figura 5)

Tabla 2: Correlación entre variables.

VARIABLES		DIAS TRANS	qz	S
DIAS TRANS	Correlación		0,9694	0,1447
	N		(13)	(13)
	P-value		0,0000	0,1998
qz	Correlación	0,9694		0,3220
	N	(13)		(13)
	P-value	0,0000		0,2833
S	Correlación	0,3804	0,3220	
	n	(13)	(13)	
	P-value	0,1998	0,2833	

Figura 2: Gráfico con modelo ajustado para el comportamiento del índice qz en el tiempo.

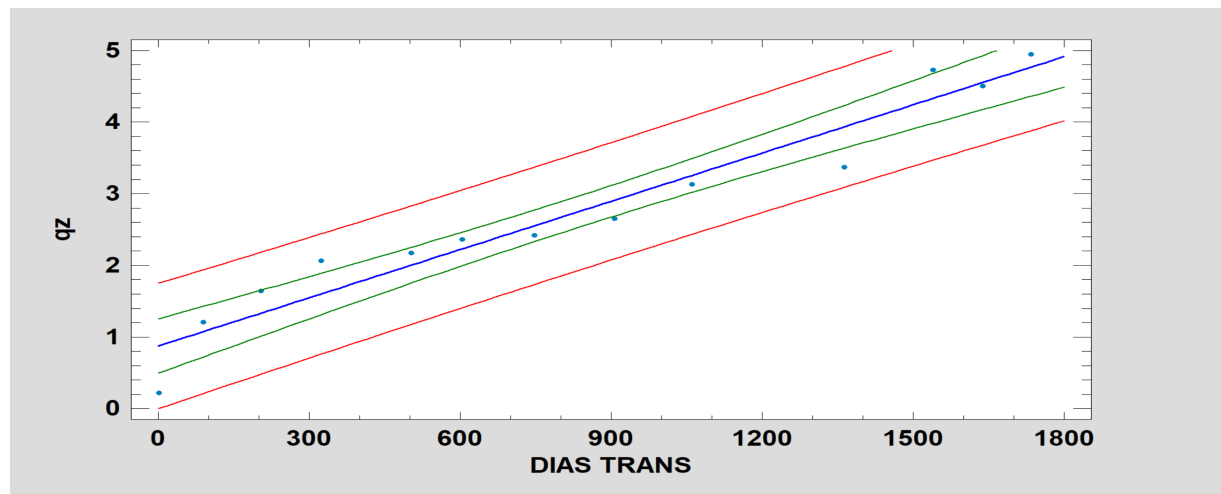


Figura 3: Gráfico de Riqueza (S) de especies vegetales durante el tiempo.



Figura 4: Gráfico de Riqueza (S) por Parcela Censal durante el tiempo.

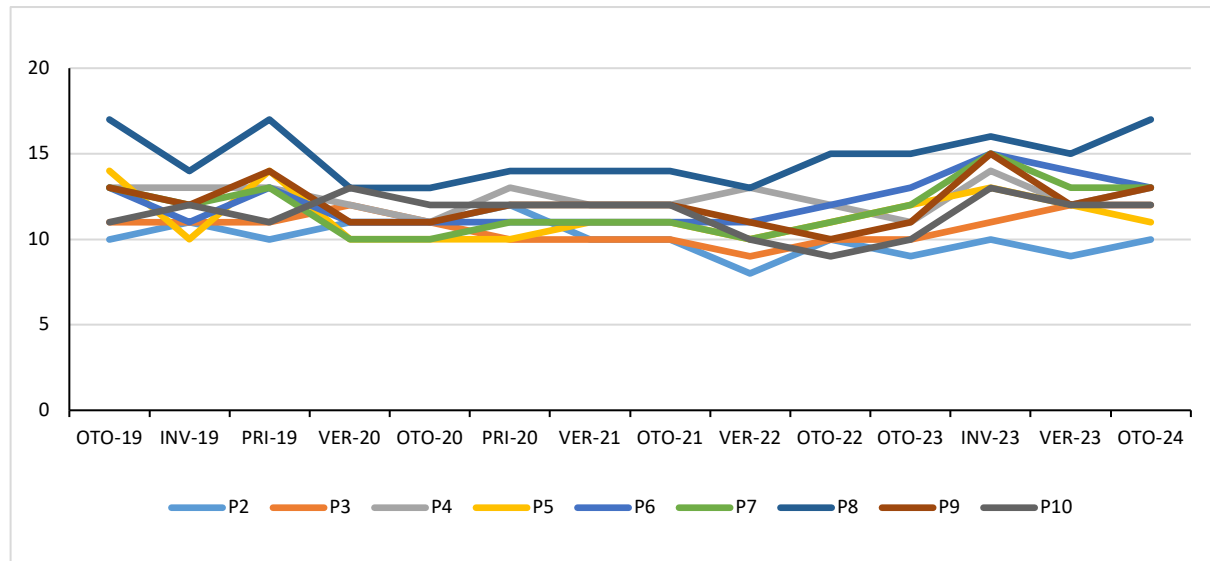
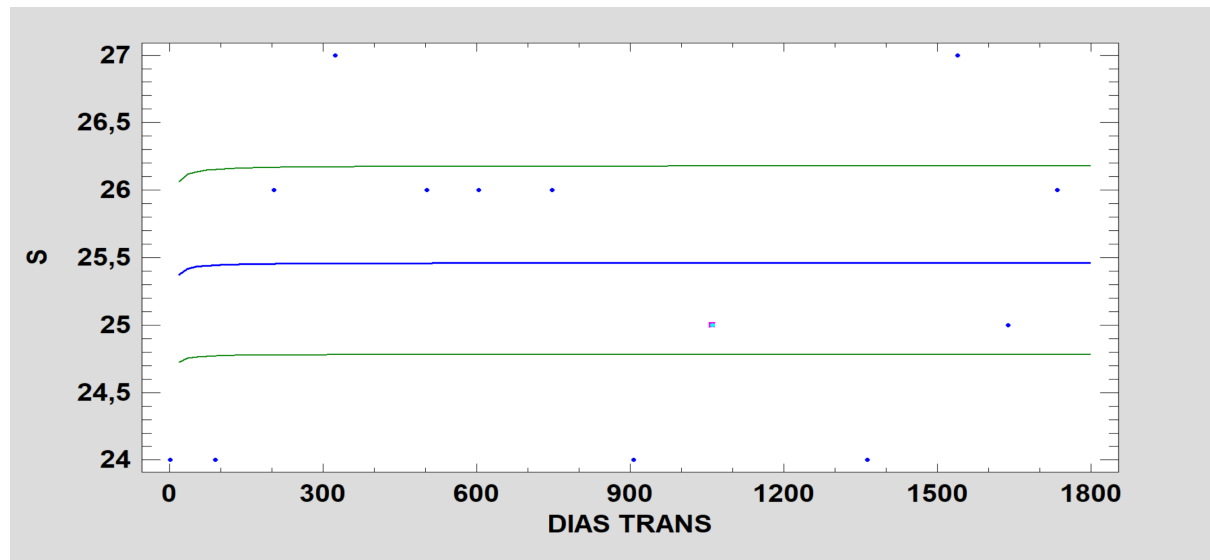


Figura 5: Gráfico con el modelo ajustado para el comportamiento de S en el tiempo.



5. CONCLUSIÓN

El volumen vegetal total de las parcelas censadas mostró un crecimiento significativo del 10,05% en comparación con la medición anterior, alcanzando un total de 207,11 m³. Las parcelas P4, P2 y P6 presentaron los mayores aumentos en su volumen vegetal, con incrementos de 6,69 m³, 5,42 m³ y 4,37 m³, respectivamente. Por otro lado, las parcelas P8 y P3 experimentaron disminuciones, con caídas de 7,29 m³ y 2,05 m³, respectivamente.

En cuanto a la composición de especies, se destaca que la parcela P7 registró el mayor volumen total (50,84 m³), con *Schinus latifolius* como especie predominante, representando el 50% del volumen total, seguida por *Baccharis macraei*, con una representatividad del 5%. La parcela P2 registró el segundo mayor volumen vegetal (26,15 m³), siendo *Baccharis macraei* la especie dominante, con un 60% de representatividad, mientras que *Schinus latifolius* ocupa el segundo lugar con una representatividad del 14%. La parcela P5 presentó el tercer mayor volumen vegetal, con un total de 23,33 m³, siendo la especie dominante *Haplopappus foliosus*, que aporta el 25% del volumen vegetal total, seguida de *Schinus latifolius* y *Baccharis macraei*, con una representatividad del 14% y 13%, respectivamente.

A través de los resultados obtenidos, se pudo observar que un mayor desarrollo reciente del volumen vegetal, no garantiza una posición destacada en términos de volumen total acumulado. Esto explica por qué las parcelas como P4 y P6, pese a registrar un crecimiento significativo en la última medición, aún no alcanzan un volumen total comparable al de otras parcelas como P2, que combina un crecimiento reciente con una base de volumen previamente acumulado. Estas diferencias reflejan las condiciones iniciales, las características específicas de cada parcela en cuanto a la composición y la dinámica de crecimiento de las especies presentes.

Los datos obtenidos durante el tiempo muestran una fuerte correlación entre las variables *qz* y DÍAS TRANS, bajo el tipo de una ecuación lineal. Esto implica que el LVLS está en una etapa sostenida de crecimiento sin que hasta el momento alcance su fase estacionaria. De este modo, el aporte de volumen vegetal significa un aumento sostenido de la eficiencia de servicios ecosistémicos implicados por metro cuadrado de suelo urbano.

Por otra parte, se constata que hasta el momento no hay un modelo con una significancia estadística relevante que permita correlacionar las variables *qz* y *S*. Sin embargo, esto resulta evidente debido a la variación de *S* durante el año. Lo que se explica por la presencia de especies geófitas y teridofitas.

Esto permite entonces, relacionar ambas variables en base a una varianza estimada que represente de mejor forma el tipo de composición del mosaico propuesto, en relación a los hábitos de las especies vegetales que lo componen.

Estas observaciones subrayan la importancia de monitorear e integrar continuamente tanto el volumen vegetal como la biodiversidad presente en cada parcela, ya que son variables clave a considerar para la orientación de futuras estrategias de manejo y monitoreo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Armesto, J. V. (1996). *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria.
- Armesto, J. V. (1996). *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria.
- Asemafor. (2020). *áreas protegidas en Chile*. Obtenido de <https://www.asemafor.cl/areas-protegidas-en-chile/>
- Bettini, V. (1997). *Elementos de ecología urbana*. Madrid: Editorial Trotta, S.A.
- Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystemservices in urban areas. *Ecological Economics*, 29(1), 293-301.
- C&H, & Donghi, S. (2018). *Informe estado de desarrollo e implementación de índice de crecimiento*. Viña del Mar: Inmobiliaria Las Salinas.
- Donghi, S. (2015). *Fundamentos para incorporar las áreas silvestres como espacios urbanos*. Viña del Mar.
- Donghi, S. (2016). *Revisión de la flora vascular propuesta en el proyecto "Plan Mejoramiento & Cultura Vegetal para la Calle Jorge Montt"*. Santiago: Las Salinas.
- Donghi, S. (2017). *Antecedentes científicos presentes en el Laboratorio Vegetal de Las Salinas*. Viña del Mar.
- Donghi, S. (2020 b). *Creando huertos de servicios silvestres*. Viña del Mar.
- Donghi, S. (2020). *Informe estado de desarrollo, Laboratorio Vegetal Las Salinas, período primavera 2020*. Viña del Mar.
- Donghi, S., Elórtogui, S., & Díaz, D. E. (2018). *Diagnóstico ambiental estratégico para un desarrollo sostenible. Comuna de La Ligua, Valparaíso*. La Ligua: Simbiosis Bio-consultora.
- Elortegui, S., & Novoa, P. (2009). *Orquídeas de la Región de Valparaíso*. Valparaíso: Taller La Era.
- Ferreras, C., & Fidalgo, C. (1999). *Biogeografía y Edafogeografía. Síntesis*, Madrid.
- Flores-Xolocotzi, R., & González-Guillén, M. (2007). Consideraciones sociales en el diseño y planificación de parques urbanos. *Economía, Sociedad y Territorio*, VI (24), 913-951. Obtenido de <https://doi.org/10.22136/est002007242>

- Gerez, M., & Velásquez, I. (2008). La salud de las ciudades y sus ciudadanos. Informe SESPAS 2008. *Gaceta Sanitaria*, 22, 71-78.
- González, P. (2015). *LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS DE UNA RED DE PUNTOS ESTABLEZIDOS PARA CORRELACIONAR LOS DISTINTOS ESPACIOS DE LA UNIVERSIDAD EN EL MISMO SISTEMA DE COORDENADAS*. Cartagena.
- Hauenstein, E. (2012). *Wealth of Flora and Vegetation in the La Campana-Peñuelas Biosphere Reserve, Valparaíso Region, Chile, The Biosphere*. (D. N. Ishwaran, Ed.) Obtenido de <http://www.intechopen.com/books/the-biosphere/richness-of-flora-and-vegetation-of-thebiosphere->
- Heilmayr, R., Echeverría, C., Fuentes, R., & Lambin, E. (2016). A plantation-dominated forest transition in Chile. *Applied Geography*(75), 71-82.
- Hernández, J. (2000). *Manual de Métodos y Criterios para la Evaluación y Monitoreo de la Flora y la Vegetación*. Santiago: Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile.
- Hinojosa, L., Pérez, M. F., Rougier, D., Villagrán, C., & Armesto, J. J. (2015). Legados históricos de la vegetación de bosques en Chile. En V. M. Orlando, *Ciencias Ecológicas 1983-2013* (págs. 123-138). Santiago: Editorial Universitaria.
- Janzen, D. (1999). La sobrevivencia de las áreas silvestres de Costa Rica por medio de su jardinería. *Tropical Journal of Environmental Sciences*, 16(1), 8-18. doi://dx.doi.org/10.15359/rca.16-1.1
- Lacoste, A., & Salanon, R. (1973). *Biogeografías*. Barcelona.
- Luebert, F., & Pliscoff, P. (2017). *Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile*. Santiago: Editorial Universitaria.
- Luebert, F., García, N., & Schulz, N. (2007). Observaciones sobre la flora y vegetación de los alrededores de Tocopilla (22°S, Chile). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural*, 56, 27-52.
- Madrid, A., & Teillier, S. (2021). Flora y vegetación de las dunas de la playa grande de Cartagena, una playa urbana en Chile Central. *Darwiniana*, 9(2), 342-363. doi:10.14522/darwiniana.2021.92.959
- Marticorena, C. y. (1985). Catálogo de la Flora Vascular de Chile. *Gayana Botánica*, 42(1-2), 1-157.

- Marticorena, C., Squeo, F., Arancio, G., & Muñoz, M. (2001). Catálogo de la Flora Vascular de la IV Región de Coquimbo. *Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo*, 105-142. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/266565709>
- MINVU, PNUD. (2021). *Poítica Nacional del Parques Urbanos*. Santiago.
- Miranda, M., Reyes, L., Mashini, D., Misleh, D., & Bettancourt, P. (2015). *Valorización de los vínculos urbanos, rurales y silvestres en la generación de instrumentos de planificación territorial integrada*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- MMA. (2016). *Conservando el patrimonio natural de Chile. El aporte de las áreas protegidas*. Santiago.
- Park, S.-H., & Mattson, R. H. (2009). Therapeutic Influences of Plants in Hospital Rooms on Surgical Recovery. *American Society for Horticultural Science*, 44(1), 102-105. doi:10.21273/HORTSCI.44.1.102
- Pla, L. (2006). Bioiversidad: Interferencia basada en el índice de Shannon y la Riqueza. *Interciencia*.
- Pliscoff, P., & Luebert, P. (2006). Una nueva propuesta de clasificación de la vegetación de Chile y su aplicación en la evaluación del estado de conservación de los sistemas terrestres. *Revista ambiente y desarrollo*, 22(1), 41-45.
- PNUMA. (2003). *Proyecto de Estadísticas e Indicadores Ambientales del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, documento preparado para la XIV Reunión del Foro de Ministros del Medio Ambiente de América Latina y el Caribe*. Panamá.
- PUCV, UPLA . (2015). *Informe final. Diagnóstico de sitios de alto valor para la conservación en la región de Valparaíso*. Valparaíso.
- Rivas Martínez, S. (2005). Avances en Geobotánica. *Discurso de apertura del Curso Académico de la Real Academia de Farmacia del año 2005*. Madrid.
- Squeo, F., Olivares, N., Olivares, S., Pollastri, A., Aguirre, E., Aravena, R., . . . Ehleringer, J. (1999). Grupos funcionales en arbustos desérticos del norte de Chile, definidos sobre la base de las fuentes de agua utilizadas. *Gayana Bot*, 56(1), 1-15.
- Teillier, S. (2005). *Nuestra Diversidad Biológica*. Santiago.

- Teillier, S., & Tomé, Á. (2004). Contribución al conocimiento de la flora vascular de la cuenca de la quebrada de San Ramón, región metropolitana, Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural*, 53, 17-36.
- Teillier, S., Figueroa, J., & Castro, S. (2010). Especies exóticas de la vertiente accidental de la cordillera de la Costa, Provincia de Valparaíso, Chile central. *Gayana Bot.*, 67(1), 27-43.
- Union Europea. (2010). *Una infraestructura verde. La vida silvestre necesita tener la posibilidad de existir fuera de las zonas protegidas.* Obtenido de https://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/green_infra/es.pdf
- Urbanismo, M. d. (2021). *Política Nacional de Parques Urbanos (PNPU)*.
- USGS. (2024). *The Impact of Climate-Driven Phenological Shifts on Cheatgrass in Western North America*.
- Vergara, P. A. (2019). Infraestructura verde y azul: una mirada a las ciudades. *Institución Universitaria ESUMER*, 7(10), 1-18.
- White, P., & Walker, J. (1997). Approximating Nature's Variation: Selecting and Using Reference Information in Restoration Ecology. *Restoration Ecology*, 5(4), 338-349. doi:10.1046/j.1526-100X.1997.00547.x
- Wikum, D., & Shanholtzer G.F. (1978). Application of the Braun-Blanquet cover-abundance scale for vegetation analysis in land development studies. *Environmental Management*, 2, 323-329.

7. ANEXO METODOLÓGICO

7.1. Obtención del Ortomosaico de Alta Precisión

7.1.1 Materiales

En la Tabla 3 se especifican los equipos y recursos informáticos utilizados, al igual que las funciones que realizan.

Tabla 3: Equipos utilizados y sus respectivas funciones

EQUIPOS	FUNCIONES
Equipo – Software	Información levantada
Drone DJI Mavic Air	Obtención de imágenes aéreas
GPS “Hemisphere S320”	Toma de puntos georreferenciados
Software Agisoft Metashape Professional	Elaboración de ortomosaico (2.7 cm/píxel)
Puntos de Control de Terreno (GCP)	Referencia espacial (x, y, z)

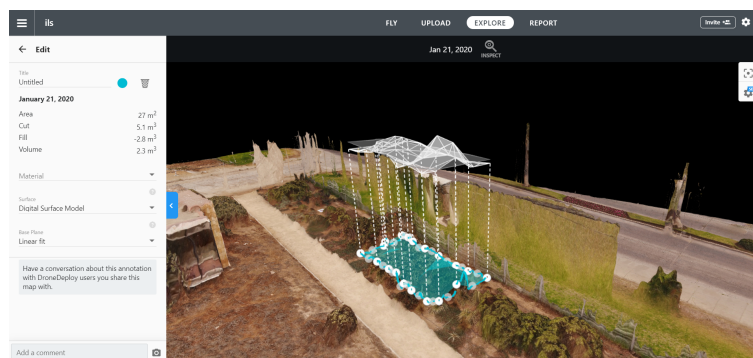
7.1.2 Parametrización

El área de vuelo se determinó en la aplicación y sitio web “Dronedeploy”, en el que se ajustaron los diferentes parámetros acordes tanto a las condiciones del terreno, como del detalle requerido en los productos.

7.1.3 Visualización por parcela del modelo tridimensional

Mediante el uso del software DronDeploy fue posible generar un poliedro, el cual se origina previa demarcación del área, para luego levantar cada uno de los puntos que lo conforman a partir de la nube de puntos generada.

Figura 6: Modelo 3D de la P-3, vista desde el noreste al suroeste



7.2. Indicador de crecimiento

Este indicador se obtiene en base a los cálculos determinados en el informe INF-EYP-004-ANEXO, como los fundamentos metodológicos desarrollados en el INF-EYP-006-ANEXO, en los que se establece que el indicador de crecimiento debe considerar la cantidad de vegetación ambientalmente activa por unidad de superficie de terreno afectado. Por lo tanto, el indicador de crecimiento considera el volumen de cobertura alcanzado por cada parcela censada y la abundancia de especies (S) presentes según la siguiente ecuación:

$$q_z = \frac{m^3 P_i}{m^2 \text{ totales } P_c} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

$m^3 P_i$ = m^3 de cobertura vegetal total de cada parcela i descrita.

$m^2 \text{ totales } P_c$ = m^2 de superficie total de las parcelas censadas.

$$\sum_{i=1}^n q_z = (q_z + q_{z+1} + q_{z+2} + \dots + q_n) \quad \text{Ecuación 6}$$