

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-017

Informe Estado de Desarrollo

Laboratorio Vegetal Las Salinas

Período: verano 2023

**“La Tierra no es una herencia de nuestros padres,
sino un préstamo de nuestros hijos.”
*Proverbio indígena***

El **Laboratorio Vegetal Las Salinas** se ha consolidado como un espacio pionero de observación y análisis de la cobertura vegetal en un entorno urbano altamente intervenido. Su relevancia no radica únicamente en el seguimiento técnico de parámetros como el volumen vegetal o la riqueza de especies, sino en su capacidad de demostrar, con evidencia concreta, cómo la vegetación puede convertirse en un aliado clave frente a los desafíos del cambio climático y la pérdida de biodiversidad. Cada control estacional ofrece una ventana única al comportamiento del matorral esclerófilo costero en un contexto experimental, revelando patrones de crecimiento, resiliencia y adaptación que sirven tanto a la ciencia como a la planificación de ciudades más sostenibles.

Más allá de los indicadores técnicos, el Laboratorio Vegetal representa un espacio de integración entre ciencia, comunidad y territorio. Al trabajar con especies nativas —muchas de ellas endémicas— se fortalece la conservación del patrimonio natural regional y se generan aprendizajes aplicables a la gestión urbana y a la creación de infraestructura verde. Los resultados obtenidos no solo confirman la importancia de cuantificar los servicios ecosistémicos, sino que también inspiran nuevas formas de entender la relación entre naturaleza y ciudad. En este sentido, el Laboratorio no es únicamente un sitio de monitoreo, sino un modelo vivo que demuestra cómo la recuperación ecológica puede aportar salud, bienestar y resiliencia a las comunidades humanas.

Atentamente,
Equipo Las Salinas

INFORME VERANO 2023



La biodiversidad vegetal: desafío para la obtención de un índice de desarrollo

Laboratorio Vegetal Las Salinas

Autor: Salvador Donghi R.

Fotografía de portada: *Heliotropium stenophyllum*, verano 2023. 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. <i>Medición del volumen Vegetal.....</i>	3
3.2.2. <i>$f(x)$ para el volumen vegetal desarrollado</i>	3
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 <i>Materiales</i>	17
7.1.2 <i>Parametrización</i>	17
7.1.3 <i>Visualización por parcela del modelo tridimensional</i>	17
7.2. INDICADOR DE CRECIMIENTO.....	18

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: VALORES DE QZ Y VOLUMEN VEGETAL REGISTRADOS EN LOS DISTINTOS CONTROLES.	7
TABLA 2: RIQUEZA (S) REGISTRADA POR PARCELA CENSAL EN CADA CONTROL.....	7
TABLA 3: APORTE INDIVIDUAL POR PARCELA AL QZ Y LA FUNCIÓN MATEMÁTICA ASOCIADA AL DESARROLLO.	10
TABLA 6: EQUIPOS UTILIZADOS Y SUS RESPECTIVAS FUNCIONES.....	17

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: GRÁFICO CON LOS VOLÚMENES VEGETALES ALCANZADOS POR PARCELA CENSAL DURANTE LOS DISTINTOS CONTROLES.	8
FIGURA 2: GRÁFICO CON EL COMPORTAMIENTO DE LA RIQUEZA (S) Y COCIENTE QZ EN EL LVLS A TRAVÉS DEL TIEMPO.	8
FIGURA 3: GRÁFICAS CON LAS CURVAS QUE DESCRIBEN EL DESARROLLO DE CADA PARCELA CENSAL EN EL TIEMPO.....	9
FIGURA 4: GRÁFICO DE LA RIQUEZA (S) DE ESPECIES VEGETAL SEGÚN SU HÁBITO POR PARCELA CENSAL.	10
FIGURA 5: MODELO 3D DE LA P-3, VISTA DESDE EL NORESTE AL SUROESTE	17

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1.....	3
ECUACIÓN 2.....	3
ECUACIÓN 3.....	18
ECUACIÓN 4.....	18

1. INTRODUCCIÓN

La cobertura vegetal en áreas urbanas desempeña un papel crucial en la mitigación del cambio climático, actuando como sumidero de carbono y contribuyendo a la mejora de la calidad del aire. A menudo este rol fundamental que desempeña la vegetación no se reconoce adecuadamente debido a la falta de comprensión y cuantificación de sus servicios ecosistémicos. La vegetación urbana, especialmente los árboles, actúan como sumideros de dióxido de carbono (CO₂), fijando carbono durante la fotosíntesis y almacenándolo en su biomasa. Un estudio en Estados Unidos evaluó el almacenamiento y captura de carbono por parte de árboles urbanos, revelando que estos almacenan 643 millones de toneladas de carbono a nivel nacional, con una captura anual de 25.6 millones de toneladas (Nowa *et al.*, 2013). Esto destaca la importancia de los bosques urbanos no solo como elementos estéticos, sino como herramientas vitales para la reducción de gases de efecto invernadero. En este sentido, es importante que en las ciudades se gestione el desarrollo y expansión de la cobertura vegetal, considerando los diferentes contextos urbanos, la diversidad de características locales, los niveles de intervención necesarios y los beneficios y costos sociales y económicos adicionales en base a los objetivos de sostenibilidad de cada ciudad (Escobedo *et al.*, 2011).

En este contexto, el Laboratorio Vegetal, ubicado en el terreno de Las Salinas, se destaca como un espacio de estudio crucial que busca incorporar flora nativa en el paisaje urbano. Con una extensión de 1.300 metros cuadrados, este laboratorio se centra en el análisis de 25 especies vegetales que conforman el matorral arborescente esclerófilo mediterráneo costero, un componente vital de los 17 pisos vegetacionales identificados en la región de Valparaíso. Estas especies, todas nativas, desempeñan un papel crucial en la promoción de la biodiversidad local y la preservación de los ecosistemas naturales. Además, cerca del 60% de estas especies son endémicas, lo que resalta su importancia en la conservación del patrimonio biológico regional. De este modo, más allá de su valor intrínseco, estas plantas ofrecen una serie de beneficios tangibles dentro del contexto urbano, mejorando la calidad del aire y ayudando a regular las temperaturas. El Laboratorio Vegetal y sus estudios destacan la importancia de integrar vegetación nativa en las zonas urbanas, no solo para mejorar el entorno construido, sino también para promover la salud y el bienestar de sus habitantes y preservar la riqueza biológica local para las generaciones futuras.

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 de volumen vegetal.
- 2.2.2 Determinar qué tipo de índice de biodiversidad expresa de mejor forma 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 la biodiversidad.

3. METODOLOGÍA

3.1. Obtención de Ortomosaico de alta resolución

La información del área de estudio fue levantada el 23 de diciembre de 2023. 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 de vuelo.

La obtención del ortomosaico de alta resolución se realiza en base a la obtención de una nube de puntos densa que reflejará las propiedades tridimensionales del área de estudio y que da origen al modelo tridimensional. A partir de él se determinan los volúmenes totales de cada parcela censal.

Esta metodología consideró la utilización de equipos y recursos informáticos que se especifican en la Tabla 4 del ANEXO METODOLÓGICO, sobre los cuales se ajustaron diferentes parámetros, acorde a las condiciones del terreno, los que consistieron en; determinación de la altura de vuelo, solape frontal y lateral, 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 donde se validaron con los GCP y se obtuvo el ortomosaico y el Modelo Digital de Elevación (MDE). A partir de este, producto se realizó el cálculo volumétrico de las especies vegetales mediante la técnica de fotointerpretación la cual 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 mantienen el fundamento 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 será:

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

Donde:

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

$m^2 \text{ totales } P_c$ = m^2 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 utiliza la siguiente fórmula:

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

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

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

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El volumen vegetal registrado en la medición del 23 de diciembre de 2023 fue de 188,19 m³. Esto representa una disminución del 4,74% del volumen y un 4,86% del *qz*, en comparación a la medición del control anterior (véase

Tabla 1). Las parcelas que presentan una disminución en el volumen son P4, P6 y P8, los cuales descienden en 8,77; 2,75 y 14,88 m³ respectivamente.

Por otra parte, la parcela censal que presentó el mayor volumen fue P7, reflejado en un cociente qz más alto (véase la Figura 1). Cabe hacer notar que su mayor volumen, corresponde a un aumento constante evidenciado desde el control de oto-inv-2020, con excepción del control de ver-2022 (véase la Figura 1).

A diferencia de los controles anteriores, en esta oportunidad se registró el volumen total alcanzado por cada parcela censal y el número de especies vegetales o riqueza (S) que presentaban al momento del control. Ambos parámetros se presentan en la Figura 2. En ella se aprecia que la riqueza (S) vegetal ha ido disminuyendo en el tiempo, reflejada en la pendiente negativa (-0,1958) de su ecuación de la recta. Por el contrario, el volumen vegetal ha tenido un incremento constante, manifestado en una pendiente positiva (0,3414).

Sin embargo, el desarrollo del volumen vegetal durante el tiempo presenta distintos tipos de relaciones. Es decir, el valor de la primera magnitud, correspondiente al momento del control, se relacionada con distintas magnitudes de volumen vegetal, lo cual se puede asociar a distintas funciones matemáticas, tal como aprecia en la Figura 3.

En esta figura se distinguen tres tipos de funciones, una función exponencial para P7, P8 y P5; una función lineal para P3, P2 y P4; y una función logarítmica para P10, P6 y P9. Sumado a esto, si el índice qz alcanzado por cada parcela se calcula en base a su contribución al qz total, se puede ver que el mayor desarrollo está en aquellas parcelas que describen una curva exponencial. En contraste a aquellas parcelas que describen una función del tipo logarítmica y son las que menos inciden en el qz total (véase Tabla 3).

Respecto a la riqueza (S) que presenta cada parcela, la P8 es la que reúne el mayor número de especies, seguida de P9 y P6 (véase Tabla 2 y

*Figura 4). Tanto P8 como P9 reúnen todos los tipos de hábitos de vida (según clasificación Raunkiaer). Siendo sólo estas parcelas donde la especie *Cryptocarya alba* (Peumo) de hábito mesofanerófito, es la que está aportando al volumen vegetal.*

Cabe hacer presente que según el sistema Raunkiaer, la categoría de “fanerófitos” corresponde a aquellos árboles, arbustos, juncos o grandes hierbas cuyas yemas de renuevo o brotes, se encuentran sobre los 25 cms del suelo. A su vez, esta forma de vida se subdivide en: macrofanerófitas, sus yemas

se encuentran entre los 22 a 50 metros del suelo; mesofanerófitas, yemas ubicadas entre los 10 y 22 metros del suelo; microfanerófitas, yemas entre los 2 y 10 metros sobre el suelo y las nanofanefófitas, yemas entre los 25 cms hasta los 2 metros del suelo.

Bajo esta clasificación, de la

Figura 4 se desprende que P8 es la única parcela que reúnen todas las formas de vida, incluso todos los subtipos de fanerófitas. La segunda mayor riqueza corresponde a P9 y P6, ambas con 14 especies, sin embargo, P9 tiene una forma de vida menos que P6 y dos menos que P8, y concentra 5 especies clasificadas como caméfitas, siendo esta parcela que reúne el mayor número de especies con este tipo de forma de vida.

Por otra parte, P6 reúne todas las especies fanerófitas, con excepción de *Escallonia pulverulenta*, clasificada como macrofanerófitas, no obstante, es la parcela que reúne el mayor número de especies que se caracterizan por ser Nanofanerófitas.

Debido a que no se contabilizaron los individuos de cada especie, no es posible trabajar con índices que consideren la distribución de ellos entre las especies (Shannon-Wiener, Simpson o Pielou). En consecuencia, sólo será posible trabajar con la riqueza. A raíz que el LVLS representa un piso vegetal específico del matorral esclerófilo costero se considera como una comunidad vegetal homogénea, por lo que es pertinente utilizar la diversidad alfa (White & Walker, 1997).

Por lo tanto, y como se planteó anteriormente, el índice α más elevado lo presenta P8 con 15 especies, seguido de P9 y P6, cada una con 14 especies (véase Tabla 2 y Figura 2).

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

Periodo	Parcelas censadas	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	TOTAL
	m ² totales / Parc.	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
	Qz	0,023	0,043	0,016	0,027	0,025	0,023	0,022	0,021	0,021	0,22
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
	Qz	0,113	0,213	0,129	0,147	0,142	0,138	0,149	0,070	0,108	1,21
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
	qz	0,124	0,213	0,175	0,142	0,194	0,260	0,263	0,130	0,142	1,64
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
	qz	0,177	0,269	0,195	0,199	0,233	0,327	0,284	0,170	0,211	2,06
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
	qz	0,188	0,344	0,250	0,229	0,255	0,339	0,234	0,155	0,177	2,17
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
	qz	0,208	0,367	0,307	0,218	0,258	0,402	0,292	0,155	0,154	2,36
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
	qz	0,258	0,360	0,276	0,207	0,267	0,415	0,332	0,143	0,162	2,42
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
	qz	0,290	0,305	0,301	0,242	0,297	0,427	0,440	0,132	0,219	2,65
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
	qz	0,322	0,342	0,436	0,308	0,283	0,577	0,457	0,142	0,265	3,13
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
	qz	0,339	0,379	0,496	0,255	0,362	0,645	0,460	0,200	0,234	3,37
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
	qz	0,388	0,452	0,580	0,466	0,331	1,050	0,959	0,188	0,311	4,73
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
	qz	0,495	0,552	0,369	0,518	0,264	1,175	0,604	0,215	0,309	4,50

Tabla 2: Riqueza (S) registrada por parcela censal en cada control.

PARCELA/CONTROL	OTO-19	INV-19	PRI-19	VER-20	OTO-20	PRI-20	VER-21	OTO-21	VER-22	OTO-22	OTO-23	INV-23	VER-23
P2	10	11	10	11	10	11	9	9	7	9	7	8	8
P3	11	11	11	11	10	8	8	8	7	8	8	8	9
P4	13	13	13	12	11	12	11	11	12	11	9	13	13
P5	14	10	14	10	10	9	10	10	9	10	9	12	13
P6	13	11	13	11	11	11	11	11	10	10	9	14	14
P7	13	12	13	10	10	10	10	10	8	9	8	13	13
P8	17	14	17	13	13	14	13	13	12	13	8	14	15
P9	13	12	13	10	10	11	11	11	9	5	9	14	14
P10	11	12	11	13	12	11	11	11	9	8	9	11	12
S	17	14	17	13	13	14	13	13	12	13	9	14	15

Figura 1: gráfico con los volúmenes vegetales alcanzados por parcela censal durante los distintos controles.

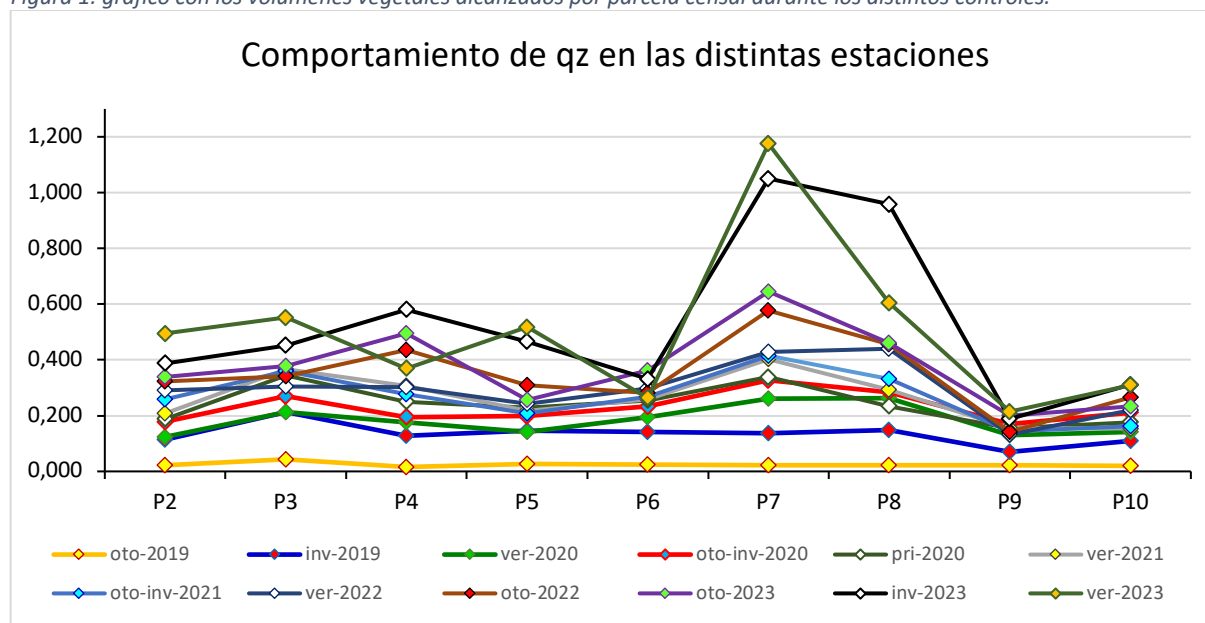


Figura 2: Gráfico con el comportamiento de la Riqueza (S) y cociente qz en el LVLS a través del tiempo.

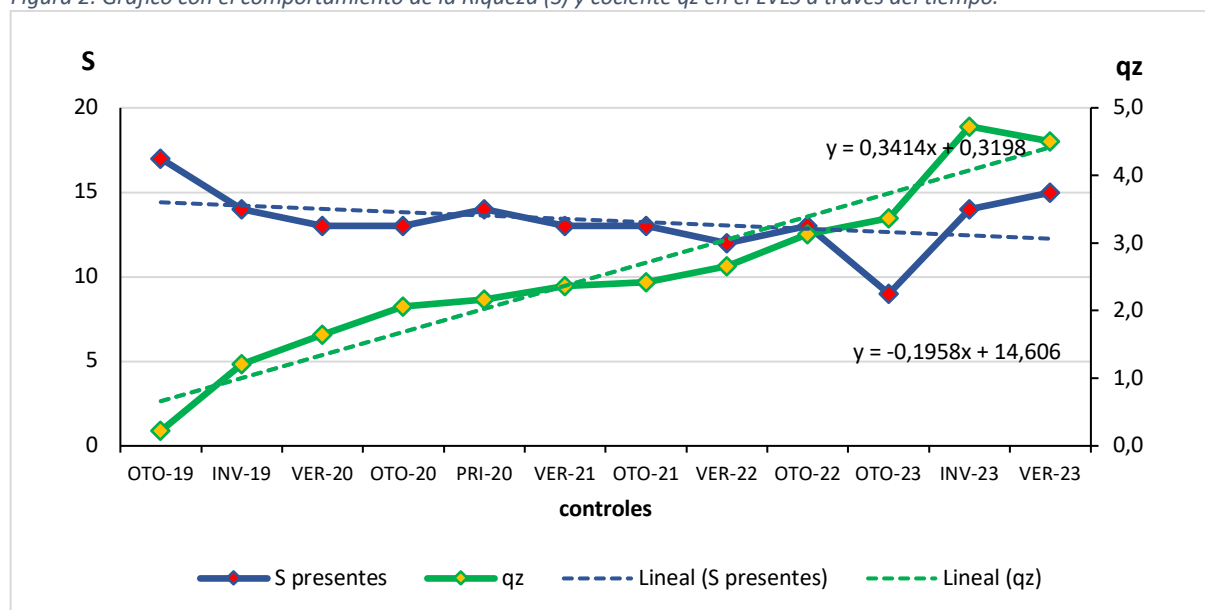


Figura 3: gráficas con las curvas que describen el desarrollo de cada parcela censal en el tiempo.

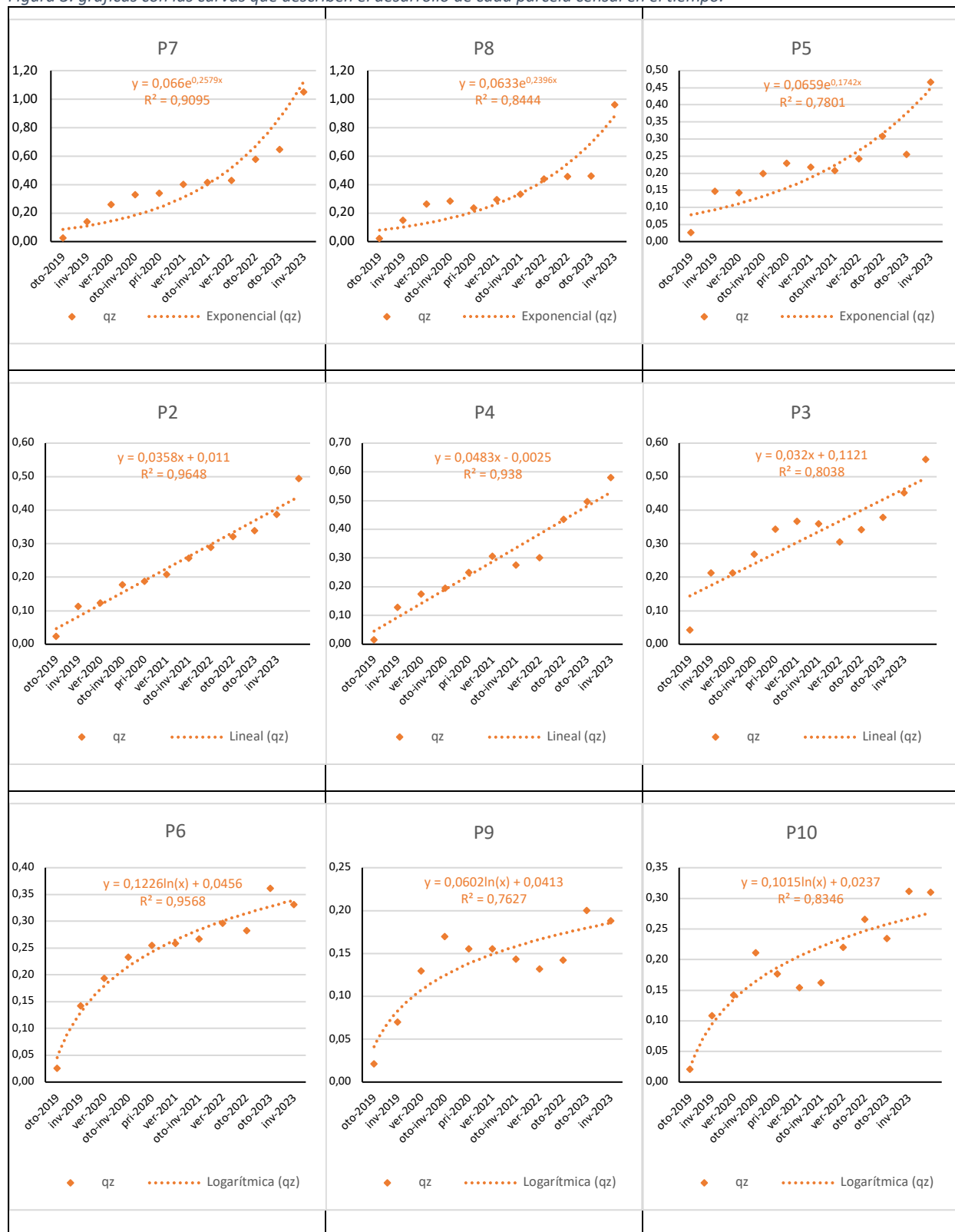
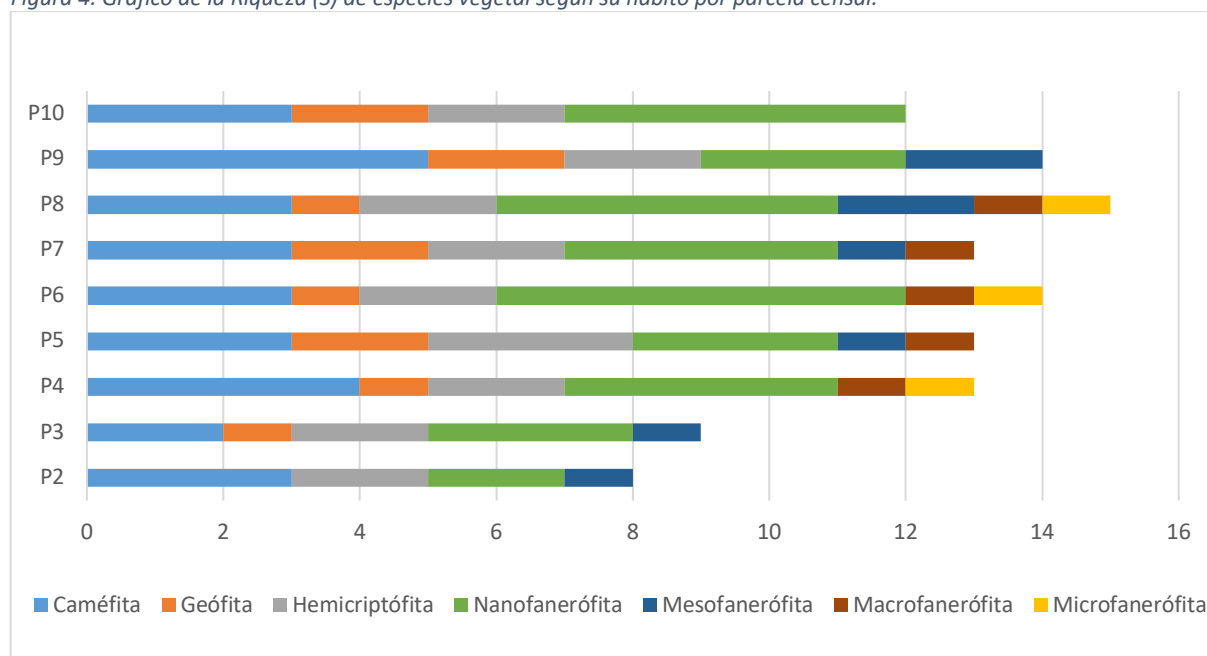


Tabla 3: Aporte individual por parcela al qz y la función matemática asociada al desarrollo.

PARCELAS	qz	% del qz	Función
P7	1,175	26,11%	$y = 0,07e^{0,26x}$
P8	0,604	13,43%	$y = 0,06e^{0,24x}$
P3	0,552	12,26%	$y = 0,03x + 0,11$
P5	0,518	11,50%	$y = 0,07e^{0,17x}$
P2	0,495	11,00%	$y = 0,04x + 0,011$
P4	0,369	8,20%	$y = 0,05x - 0,003$
P10	0,309	6,87%	$y = 0,102 \ln x + 0,024$
P6	0,264	5,87%	$y = 0,123 \ln x + 0,046$
P9	0,215	4,77%	$y = 0,06 \ln x + 0,041$
TOTAL	4,500		

Figura 4: Gráfico de la Riqueza (S) de especies vegetal según su hábito por parcela censal.



5. CONCLUSIÓN

El volumen vegetal alcanzado por la totalidad de las parcelas de muestreo fue de 188,19 m³. El mayor volumen individual lo alcanzó P7, equivalente a un 26,11% del volumen total. Según se desprende del informe anterior, este alto desarrollo se debe a la especie *Schinus latifolius*, la que contribuye con 71,28% del volumen total de la parcela. Aunque P8 es la segunda parcela con el mayor volumen, las especies que más contribuyeron fueron *Baccharis macraei* y *Schinus latifolius*, equivalentes al 52,73% y 33,40% respectivamente. De manera similar, en P3, *Haplopappus foliosus* y *S. latifolius* aportan entre ambas el 74,89%.

El patrón común, y que justifica el mayor aporte al desarrollo del volumen se debe a la presencia de especies fanerófita en P7 y P8. Excepcionalmente, en P3 el mayor aporte al desarrollo del volumen está dado por *H. foliosus*, especie catalogada como caméfita, sin embargo es muy probable que en el transcurso del tiempo sea superar por la fanerófita *S. latifolius*.

Durante esta época de control, tanto P4, P6 y P8 presentaron un descenso en sus respectivos volúmenes vegetales. Este comportamiento es atribuible a la presencia en común de *Fuchsia lycioides*, *Lobelia excelsa* y *Oxalis gigantea*, todas especies fanerófitas y que pierden parte de su follaje, especialmente *O. gigantea*. Esto altera la medición del modelo de elevación digital.

Las funciones de las curvas de crecimiento para cada una de las parcelas censales indican que aquellas con crecimiento asociado a una función exponencial tienen el mayor volumen, como es el caso de P7 y P8. Si bien P3 presentan el tercer mayor desarrollo de volumen asociado a una función lineal, esto se debe a la alta concentración de *H. foliosus*, y al bajo crecimiento que ha experimentado *S. latifolius*. Las razones pueden estar relacionadas con la presencia de algún patógeno o un sustrato inapropiado para la especie.

Por otra parte, tanto los volúmenes alcanzados por P2, P3 y P4 muestran un crecimiento intermedio asociado a una curva lineal y que puede cambiar con el tiempo. Tanto P2 y P3, con 8 y 9 especies respectivamente, no tienen especies con forma de vida asociada a las macrofanerófitas. La ausencia de ellas restringe la posibilidad de un mayor desarrollo de volumen, sugiriendo la futura aparición de una curva del tipo logarítmica para ambas parcelas. Contrariamente, la presencia de la macrofanerófita *E. pulverulenta* tiende a desarrollar un crecimiento asociado a una función exponencial.

La función logarítmica, presente en P10, P6 y P9, está relacionada con el menor desarrollo de volumen, coincidente con un mayor número de nanofanerófitas en P6 y P10 y de caméfitas en P9. Estas especies

vegetales se distinguen por la presencia de yemas de renuevo que no superan los 2 metros de altura, limitando su crecimiento a una forma arbustiva.

La decisión de prescindir del número de individuos, lo cual impide trabajar con índices que consideren la distribución de ellos entre las especies (Shannon-Wiener, Simpson o Pielou), se fundamenta en la estacionalidad que presentan las teridofitas y geófitas. Esto implica la alteración de los índices en distintas estaciones, lo cual está asociado a su germinación y no a la presencia de la especie.

Debido a que el LVLS representa un piso vegetal específico del matorral esclerófilo costero, se considera como una comunidad vegetal homogénea, por lo tanto, es pertinente utilizar la diversidad alfa (White & Walker, 1997), lo cual limita a trabajar únicamente con la riqueza.

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). Ecosystem services 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.
- Escobedo, F. J., Kroeger, T., & Wagner, J. E. (2011). Urban forests and pollution mitigation: Analyze ecosystem services and disservices. *Environmental Pollution*, 159(8-9), 2078–2087.
- 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 jardinificación. *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., & Plischoff, 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.
- Nowak, D., Greenfield, E., Hoehn, R., Lapoint, E. (2013). Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution*. 178:229-236.
- 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
- Vergara, P. A. (2019). Infraestructura verde y azul: una mirada a las ciudades. *Institución Universitaria ESUMER*, 7(10), 1-18.
- 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 4 se especifican los equipos y recursos informáticos utilizados, al igual que las funciones que realizan.

Tabla 4: 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)

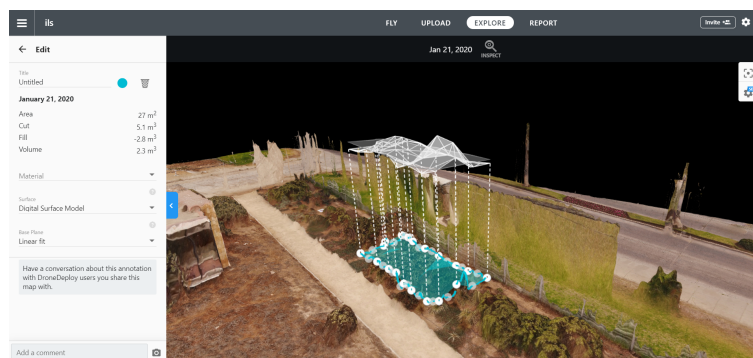
7.1.2 Parametrización

El área de vuelo se determinó en la aplicación y sitio web “Dronedeploy” donde se ajustaron 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 es posible generar un poliedro, el cual se genera previa demarcación del área para luego levantar cada uno de los puntos que lo conforman a partir de la nube de puntos generada.

Figura 5: Modelo 3D de la P-3, vista desde el noreste al suroeste



7.2. Indicador de crecimiento

En base a los cálculos determinados en el informe INF-EYP-004-ANEXO, como los fundamentos metodológicos desarrollados en el INF-EYP-006-ANEXO, donde 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:

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

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.

$$\sum_{i=1}^n q_z = (q_z + q_{z+1} + q_{z+2} + \dots + q_n) \quad \text{Ecuación 4}$$