

LABO RATORIO VE GETAL



INF-EYP-002

Informe estado de desarrollo e
implementación de índice de
crecimiento

Laboratorio Vegetal Las Salinas

periodo otoño 2018

**“La naturaleza no se apresura,
sin embargo, todo se lleva a cabo”.
Lao Tzu**

Después de un verano esplendoroso, en el que pudimos ver cómo la flora nativa comenzó a vigorizarse en el terreno –permitiendo, inclusive, la aparición de un nido de pájaros- el Laboratorio Vegetal sigue entregándonos conocimiento e inspiración en el periodo de otoño.

Poco a poco vamos aprendiendo cómo se crean y mantienen los ecosistemas locales y este conocimiento será la base de nuestra propuesta para recuperar la ladera de Las Salinas, que esperamos trabajar con las comunidades aledañas y las autoridades para poder extenderlo a la ciudad. Asimismo, servirá como base de criterio para el diseño de paisajismo del futuro barrio y esperamos que sea fuente de inspiración para otros proyectos o iniciativas de organismos públicos o privados.

Mediante iniciativas como esta buscamos explorar nuevas formas de asociación entre la empresa privada, el mundo académico, las autoridades, y las comunidades para la regeneración social, económica y ambiental de las ciudades en beneficio de la calidad de vida de sus habitantes.

Atentamente,
Equipo Las Salinas

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. CAPÍTULO I.....	1
ESTADO EVOLUTIVO DEL LABORATORIO VEGETAL LAS SALINAS, OTOÑO 2018	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.3. CONTEXTO.....	5
1.4. DESARROLLO EVOLUTIVO	6
1.5. MANTENCIÓN	6
1.6. CONCLUSIONES	8
2. CAPÍTULO II.....	9
DESARROLLO DE UN ÍNDICE DE CRECIMIENTO PARA EL LABORATORIO VEGETAL LAS SALINAS.....	9
2.1. INTRODUCCIÓN.....	10
2.2. OBJETIVO GENERAL.....	11
2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
2.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	12
2.5. RESULTADOS OBTENIDOS.....	16
2.6. CONCLUSIÓN.....	31
2.7. BIBLIOGRAFÍA.....	33
3. ANEXO 1	34
4. ANEXO 2	48

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1: LABORATORIO VEGETAL LAS SALINAS.....	1
FOTOGRAFÍA 2: ACTUAL ESTADO DEL LABORATORIO VEGETAL DE ILS.....	3
FOTOGRAFÍA 3: LEPIDOPTERA SOBRE INFLORESCENCIA DE HAPLOPAPPUS FOLIOSUS.....	5
FOTOGRAFÍA 4: INSECTO DEL ORDEN HYMENOPTERA SOBRE INFLORESCENCIA DE CISTHANTE GRANDIFLORA.....	9

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: REGISTRO DE ESPECIES VEGETALES NUEVAS POR ÁREA DE MUESTREO EN CADA CENSO.....	17
TABLA 2: DETERMINACIÓN DE LAS CONANTE A Y B PARA LA ECUACIÓN DE LA CURVA PROPUESTA	18
TABLA 3: ACUMULACIÓN DE ESPECIES POR CENSO REALIZADO.....	22
TABLA 4: COBERTURAS DETERMINADAS PARA CADA ESPECIE POR PARCELA DE MUESTREO.....	25
TABLA 5: VALOR DE IMPORTANCIA POR ESPECIE CENSADA.....	26
TABLA 6: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SHANNON.....	27
TABLA 7: DESARROLLO DE LA VARIABLE Q_i	29

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ESQUEMA DE LA DUPLICACIÓN SUCESIVA DEL CUADRADO DE MUESTREO PARA DETERMINAR EL ÁREA MÍNIMA DE MUESTREO	13
--	----

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1.....	15
ECUACIÓN 2.....	16
ECUACIÓN 3.....	18
ECUACIÓN 4.....	18
ECUACIÓN 5.....	18
ECUACIÓN 6.....	18
ECUACIÓN 7.....	18
ECUACIÓN 8.....	19
ECUACIÓN 9.....	20
ECUACIÓN 10.....	20
ECUACIÓN 11.....	20
ECUACIÓN 12.....	20
ECUACIÓN 13.....	24
ECUACIÓN 14.....	24
ECUACIÓN 15.....	28
ECUACIÓN 16.....	28
ECUACIÓN 17.....	28
ECUACIÓN 18.....	29
ECUACIÓN 19.....	29

PRÓLOGO

Una gran parte de la diversificación de la vida en nuestro planeta es producto de las interacciones entre especies. Las múltiples relaciones de distinto orden establecidas entre ellas han permitido el avance de la evolución, la cual no está centrada únicamente en las especies, sino más bien en todos los tipos de interacciones que se producen entre ellas.

Este maravilloso fenómeno es esencial para la mantención de los ecosistemas, el cual sucede en este momento y de forma espontánea en los espacios silvestres, donde además existe una estrecha relación con el medio físico, siendo este el responsable de limitar la distribución de las especies en el espacio y tiempo producto de la variación de los factores ecológicos. Por esta razón la presencia de entes biológicos se encuentra restringida a un pequeño intervalo dentro de una gradiente ambiental, siendo en este lugar donde se construyen las múltiples relaciones que les permite reproducirse y alimentarse.

Esta dinámica natural hoy no sólo nos plantea la imperiosa necesidad de conservar y proteger estos espacios, sino también el gran desafío de cómo los incorporamos al modelo urbano, de manera que la vida silvestre se recree en los espacios públicos, permitiendo desdibujar los límites de la ciudad y construyendo una relación de mayor simetría con nuestro medio ambiente.

El trabajo que ha llevado a cabo el Laboratorio Vegetal Las Salinas ha estado basado en este concepto, orientando el desarrollo de un proceso que permita replicar los ecosistemas característicos de la zona costera de la región de Valparaíso al interior de la ciudad de Viña del Mar, para lo cual se hace necesario desarrollar herramientas que permitan validar dicha experiencia a través de rutinas de monitoreo, programa de fertilización y riego, elaboración de índices de crecimiento y procesos de mediación con la comunidad.

De este modo, el presente informe no sólo da cuenta de lo enunciado anteriormente, sino también plantea la alta factibilidad de replicar pequeños subsistemas en varios niveles urbanos, donde la probabilidad de éxito está dada por la mantención de las múltiples relaciones fundadas en una alta diversidad biológica.

Salvador Donghi R.
Viña del Mar, agosto 2018

AUTORES:

Macarena Calvo, Licenciada en Arte y Paisajista de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Cristóbal Elgueta, Ingeniero Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Salvador Donghi, Biólogo de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

ALCANCE:

El presente informe describe el estado de desarrollo alcanzado por el Laboratorio Vegetal de Las Salinas desde su creación hasta la estación de otoño del 2018.

Además, durante esta estación se desarrolla un índice de crecimiento, el cual permitirá conocer de forma cuantitativa su desarrollo.

1. CAPÍTULO I

Estado evolutivo del Laboratorio Vegetal Las Salinas, otoño 2018

Macarena Calvo y Cristóbal Elgueta

Fotografía 1: Laboratorio Vegetal Las Salinas



1.1. INTRODUCCIÓN

EL LABORATORIO VEGETAL

Nace como una iniciativa de Inmobiliaria Las Salinas y su equipo de colaboradores con el objetivo de recrear a pequeña escala un tipo de piso vegetacional característico de la V región que sirva como fuente de conocimiento respecto de una forma diferente de hacer paisajismo, implementando especies nativas en espacios urbanos, que pongan el valor su patrimonio natural.

Ubicado en Av. Jorge Montt frente a la playa Las Salinas y a un costado de la estación de servicio Copec, se encuentra el terreno del proyecto en que parte de su borde poniente se destinó para poder tener un muestreo de algunas de las especies que potencialmente se podrían usar en el futuro barrio Las Salinas. El criterio de selección de especies tuvo dos componentes muy interesantes y complementarias, la primera proveniente del biólogo Salvador Donghi en donde se impone el carácter local de las especies, es decir las especies usadas debían ser nativas estrictas de la zona.

Por otra parte, el criterio de los paisajistas Calvo – Elgueta donde de acuerdo con su experiencia en el diseño y construcción de áreas verdes y jardines eco sistémicos debía existir un diseño armónico en cuanto a colores, texturas, tamaños de las especies, ritmo, es decir patrones estéticos, pero teniendo como objetivo lo mismo que el biólogo S. Donghi, el laboratorio además debía tener un servicio ambiental.

Hablamos de servicio ambiental cuando entendemos que un jardín no sólo debe ser bello, sino que además debe proveer refugio para aves, mamíferos, insectos benéficos, infiltrar agua, mejorar suelo y permite restaurar ecosistemas.

El laboratorio vegetal además debía cumplir con ser un nuevo eslabón que permitiera generar un corredor biológico entre la quebrada de los marinos, la ladera y el bordemar.

A partir del laboratorio se fueron abriendo numerosos temas por abordar, y aunque tan sólo lleva 10 meses desde la fecha en que se construyó, realmente es un lugar digno de visitar, analizar y replicar por sus sorprendentes resultados.

1.2. OBJETIVOS

Fotografía 2: actual estado del Laboratorio Vegetal Las Salinas



El laboratorio vegetal Las Salinas se fue creado en el mes de julio de 2107 con los siguientes objetivos iniciales

1.- **Probar el comportamiento y desarrollo de especies** nativas que pudieran ser usadas en las futuras áreas verdes del proyecto inmobiliario. Ver cómo se adaptan a las condiciones del terreno, cuáles son sus periodos de interés.

2.- Crear un nodo que conecte el **corredor biológico** formado por la Quebrada Haciendas Las Salinas, de propiedad de la Armada de Chile, con la ladera y la quebrada 19 Norte.

3.- **Fin estético-paisajístico**, ya que se eliminó el cierre perimetral opaco existente en el terreno y se instaló un cierre perimetral de acmafor dejando el terreno con total transparencia desde la calle hacia su interior.

4.- **Fin educativo**, el laboratorio se diseñó como una gran zona plantada en forma lineal y con un sendero que permite hacer recorridos grupales. Se creó un lugar de reunión bajo un sembradero donde los visitantes pueden tener un punto de encuentro y conversación.

La idea es poder acercar a la gente al proyecto “Laboratorio Vegetal Las Salinas” mediante el reconocimiento de la flora nativa local, conociendo su nombre, sus características propias y sus propiedades. También se espera sembrar en cada visitante una nueva mirada en cuanto a plasmar un respeto más profundo por la flora nativa tan vulnerable de la V región.

Hasta el momento se han realizado algunas visitas y se espera ir generando un interés creciente.

5.- **Lograr que las especies nativas existentes se propaguen en forma espontánea**, cada una con su estrategia. En la medida que las plantas se establecen y aumenta la cobertura también se empieza a ver la aparición de nuevos ejemplares.

6.-Lograr que el laboratorio sea un **refugio para la vida silvestre** en medio de la ciudad.

1.3. CONTEXTO

Fotografía 3: Lepidoptera sobre inflorescencia de Haplopappus foliosus



El laboratorio vegetal es una pequeña parte de todo el trabajo preliminar que se está realizando con la ciudad. Fue creado para demostrar y transmitir a la comunidad los atributos de la flora nativa de la región, con el fin de compartir el conocimiento adquirido e impulsar el sueño de hacerlo replicable en los parques y jardines públicos de Viña del Mar.

1.4. DESARROLLO EVOLUTIVO

Durante el trimestre abril-mayo-junio se ha visto un crecimiento sostenido en varias de las especies. Muchas de ellas siguen floreciendo y comienzan a aparecer varias plantas nuevas por propagación natural. Este es uno de los principales objetivos, que se empiece a lograr cobertura de forma natural. La aparición de plantas nuevas también refleja que las plantas ya están adaptadas y en perfectas condiciones de desarrollo.

También se han realizado algunas labores de poda y se seguirá todavía durante los meses de invierno para que el jardín llegue en condiciones óptimas a la primavera.

El mullimiento de la tierra con azadón con el objetivo de no dañar las pequeñas plantas nuevas que vienen apareciendo como *Alstroemeria pelegrina*, *Eringio paniculatum*, *Solanum maritimum* y *Sisyrinchium*. Esto implicará que la maleza habrá que controlarla manualmente.

Se ha observado también daño de algunos ejemplares producto de perros que entran saltando la malla perimetral, pero el jardinero se ha preocupado permanentemente de reparar los daños. En general no se ha observado daño por conejos ya que la malla instalada ha funcionado bastante bien como barrera protectora.

No se ha fertilizado aún pero ya se llevó un saco de fertilizante de entrega lenta Floranid Permanent y se aplicará, de acuerdo a lo conversado con S. Donghi, sólo en algunos de los cuadrantes establecidos por él para poder tener un muestreo comparativo de la acción del fertilizante en las plantas.

1.5. MANTENCIÓN

Hasta el momento el jardinero ha desarrollado su trabajo en 3 jornadas semanales de las cuales 1 dedica a cortar el césped de toda el área exterior y 2 para trabajos propios del laboratorio. En estas dos jornadas él hace labores de poda, reparación de daños que pudieran haber provocado perros, revisa el sistema de riego y si hay filtraciones las repara y hace control de maleza. Gracias a estas dos jornadas dedicadas el laboratorio se encuentra en óptimas condiciones.

La mantención es fundamental y de ella depende poder ver expresado todo el potencial de lo que se plantó. Muchas veces con una mala mantención se pierde todo el trabajo invertido.

1.5.1. Riego:

El laboratorio fue diseñado con plantas nativas de la zona las que en general sólo reciben agua lluvia en su estado natural. Por lo tanto, una vez enraizadas no necesitarán mayor asistencia de riego con excepción del caso en que hubiera una sequía prolongada. El sistema de riego por goteo instalado pretende apoyar a las plantas en su periodo de establecimiento inicial para luego ir distanciando la frecuencia de riego, llegando a cero aporte en invierno. En verano las plantas perfectamente podrían estar sin riego, pero tendrían que dedicar toda su energía a supervivencia más que crecimiento y floración, por lo tanto, en verano regamos alrededor de 2 veces por semana con riego profundo para permitir que las plantas crezcan y florezcan al máximo, entendiendo que si le quitáramos el riego no se morirían. Este es el criterio de riego. El riego profundo favorece enraizamiento profundo y el riego espaciado en frecuencia impide que broten fácilmente las malezas.

Esta ley es aplicable no sólo a jardines con plantas nativas sino a cualquier jardín donde se elijan especies perfectamente adaptadas a las condiciones de clima y suelo. Desde este punto de vista algunas especies exóticas de otros lugares del mundo podrían ser introducidas sin necesitar suplemento de riego, por ejemplo, algunas especies costeras de Sudáfrica o California. Sin embargo, hemos privilegiado el uso de lo nativo para potenciar la identidad local y la restauración del ecosistema.

Horas de riego en meses de verano 45 min x 2 veces a la semana = 360 min mensuales, es decir 6hrs mensuales = cada gotero entrega 24 L/mes ó 6 L/semana.

Meses de primavera y otoño riego 1 vez por semana 45 min = 180 min mensuales, es decir, 3 horas de riego mensual = cada gotero entrega 12 L/ mes ó 3 L/semana. Invierno se apaga el riego hasta que ya no haya presencia de lluvias.

1.6. CONCLUSIONES

El laboratorio se mueve, tiene vida y lo expresa a través de cada estación, en este caso el otoño donde algunas especies contra cíclicas activaron su crecimiento y otras están en un estado pasivo. El clima templado costero hace que no tengan grandes cambios, pero si se ve cómo empiezan a prepararse para la primavera, cómo las plantas semillan y algunas comienzan a colonizar con nuevas plantas. El riego permanece apagado y sólo dependemos de la lluvia, que además lava el suelo.

Habría que revisar en conjunto con S. Donghi los índices de cobertura ya que hay algunas zonas que están desprovistas de plantas. Debemos decidir si esperamos que se cubran de forma natural o si se replanta en algunos lugares.

Debemos definir estrategia de fertilización.

Ahora que ya tenemos un conjunto de especies que han evolucionado favorablemente en el transcurso del año, sería conveniente poder agregar algunas otras especies como cactus y trepadoras, además de árboles de gran formato pensando en el posterior desarrollo del barrio.

2. CAPÍTULO II

Desarrollo de un índice de crecimiento para el Laboratorio Vegetal Las Salinas

Salvador Donghi R.

Fotografía 4: insecto del orden Hymenoptera sobre inflorescencia de Cisthante grandiflora



2.1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Viña del Mar cuenta con un importante potencial nativo vegetal que perfectamente puede ser incorporado a los espacios públicos de manera que estos representen las características nativas que identifican al ecosistema mediterráneo y que definen los paisajes bioclimáticos. Lo anterior, permite reestablecer la identidad natural del espacio geográfico donde se emplaza la ciudad, contribuye a la conservación de este ecosistema y permite optimizar los recursos económicos de la ciudad en el ítem de mantención de áreas verdes, aumentando significativamente el espacio público per cápita, lo que en definitiva mejora los índices de bienestar humano y la huella ecológica de la ciudad.

La representación de los pisos vegetacionales característicos de la región a través del desarrollo de un laboratorio vegetal, permite generar un nodo silvestre urbano capaz de integrarse con las áreas silvestres peri urbanas a través de la movilidad de las especies faunísticas, producto del reconocimiento que ellas hacen de los elementos comunes, sus atributos y los recursos que los espacios silvestres proporcionan.

El enunciado anterior contempla el hecho de que en algún momento del desarrollo del laboratorio vegetal comenzará a variar su composición floral debido a la aparición de nuevas especies vegetales, lo cual es señal de la recuperación ecosistémica regida por la espontaneidad de los sistemas naturales.

Por lo tanto, la elaboración de un índice de crecimiento debe considerar esta variable, la cual, requerirá -en etapa posterior- una interpretación gráfica que represente su estado evolutivo.

Debido a esto, el presente estudio da cuenta de la metodología, los resultados, proposición de un índice y sus proyecciones, en términos del seguimiento de nuevas propuestas generadas a partir del alcance del Laboratorio Vegetal.

2.2. OBJETIVO GENERAL

Elaborar un Índice de crecimiento que permita dar cuenta del estado evolutivo del Laboratorio Vegetal Las Salinas de manera de proyectar sus resultados a modelos de forestación silvestre en los espacios públicos urbanos.

2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Contar con una metodología de medición con representación estadística que permita la validación del índice propuesto.

2.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

2.4.1. Metodología de muestreo

El muestreo del Laboratorio Vegetal (LV) se realizó a través de la realización de parcelas de muestreo de 42 m² aproximadamente. El área para muestrear se determina en base a aquellos sectores donde aparece un mayor número de especies y/o aquellos sectores que contienen nuevas especies. Este sector es georreferenciado en un vértice de donde se traza un eje 8 mts a lo largo del LV y otro eje ortogonal de 5,25 mts a lo ancho del LV. El diseño de cada parcela se presenta en la Figura 1. La identificación de cada especie, como el registro de su distribución espacial en cada parcela de muestreo equivale al censo, teniendo tantas parcelas de muestreo como censos realizados.

2.4.2. Área mínima de muestreo Para determinar el área mínima de muestreo de las parcelas se utilizó el sistema de muestras anidadas sobre una superficie determinada aleatoriamente. Esto consiste en registrar todas las especies que están presentes en el área más pequeña, luego esta se duplica y se registran todas aquellas nuevas especies que aparecen en esta nueva área y así sucesivamente hasta completar el tamaño de la parcela de muestreo (Figura 1).

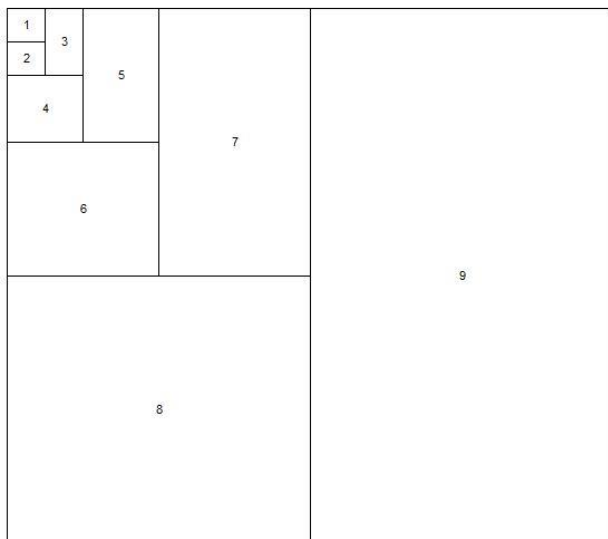
Los resultados de todas las parcelas de muestreo o censos, en base a la muestra anidada, se grafican en una curva especie/área considerando el número acumulado de especies registradas (eje y), según el área de muestreo asociada (eje x).

Una vez obtenida la gráfica de curva de acumulación de especie/área se traza una recta entre el origen del gráfico hasta el 100 % de los valores de número de especies. Luego, esta recta se desplaza y se determina en qué punto es tangencial a la curva especie/área. La proyección vertical de este punto especifica el área mínima de muestreo.

A través del cálculo de la derivada para función de curva logarítmica -la cual presenta la acumulación de especies por cada área duplicada- se determina su pendiente, esta debe estar entre un 5% y 10%, lo que se traduce en un aumento de igual magnitud respecto del número de especies cuando se aumenta en igual proporción el área de muestreo (Hernández, 2000).

La determinación de los m² de cobertura se realizó según lo indicado en el punto 4.4.

Figura 1: Esquema de la duplicación sucesiva del cuadrado de muestreo para determinar el área mínima de muestreo



2.4.3. Censos mínimos

Para determinar el número mínimo de censos se construyó una tabla, donde la primera columna contiene la identificación de los sucesivos censos realizados. En la columna siguiente se registraron todas aquellas especies descritas en el primer censo. En los registros siguientes se consideraron sólo aquellas especies que no aparecieron en los censos anteriores.

Los resultados fueron graficados en una curva especie/censo mediante la cual se determinó en qué punto la pendiente se hace nula, siendo este punto el que representa el número mínimo de censos necesarios para muestrear la comunidad (Tüxen, 1984).

2.4.4. Registro de abundancia de especies:

Una vez establecido el tamaño mínimo de las parcelas y el número mínimo de censo, se debe registrar en una tabla la abundancia o cobertura de las especies encontradas en cada una de las parcelas.

2.4.5. Determinación de las áreas de cobertura

Una vez obtenidos los registros de terreno (ANEXO 1) se estaba en condiciones para obtener la dimensión espacial de las especies vegetales en cada parcela. Para esto se consideraron las siguientes fases consecutivas:

2.4.5.1. Terreno y planificación del vuelo

Con el uso del drone DJI Phantom 2 Vision Plus y a través de la aplicación “DJI Vision”, se logró planificar y definir la altura de vuelo (i.e. 12 metros) para luego obtener las imágenes de cada parcela, las cuales fueron definidas, delimitadas y georreferenciadas en todos sus vértices previamente con el GPS.

2.4.5.2. Orden, selección y corrección de las imágenes

Una vez obtenida la información, se procedió a ordenar y seleccionar las imágenes correspondientes a cada parcela. Luego, con el software Adobe Photoshop CS6 se corrigió la distorsión (i.e. “Ojo de pez”) de cada imagen a fin de facilitar el procesamiento y su posterior interpretación.

2.4.5.3. Procesamiento de las imágenes

Luego de haber corregido las imágenes, se georreferenciaron en el Sistema de Información Geográfica ArcMap 10.1 donde se consideraron las coordenadas de cada vértice obtenidas en la etapa de terreno. Para el cálculo de las medidas de cada polígono, se realizó el proceso de fotointerpretación y vectorización de cada imagen (i.e. parcelas). Finalmente, a cada polígono creado se le asignó el nombre de acuerdo con el tipo de especie y su valor en m².

2.4.6. Valor de importancia

El valor de importancia se basó en la Tabla 4. A partir de ella se calcularon las frecuencias y las coberturas relativas de cada especie en todos los censos (Wikum & Shanholtzer G.F., 1978). La frecuencia relativa se obtuvo sumando las frecuencias absolutas (censos en que están presentes) de todas las especies, llevando el total obtenido a 100 y determinando el porcentaje de este total que le corresponde a cada una. Del mismo modo se determinó la cobertura relativa, sumando las coberturas de todas las especies en los censos en que están presentes, llevando el total a 100 y determinando el

porcentaje que le corresponde a cada especie. Al sumar la frecuencia relativa con la cobertura relativa de cada especie se obtiene el valor de importancia, cuya máxima expresión sólo puede alcanzar a 2,00.

2.4.7. Determinación de la diversidad biológica del Laboratorio Vegetal ILS

Para la determinación de la diversidad biológica del laboratorio vegetal se utilizó el índice de Shannon-Wiener ya que este se basa en dos componentes, la riqueza (número de especies) y la equitatividad (para el caso particular se utilizó el área cubierta por cada especie y no el número de individuos por especie).

Mediante la utilización de este índice se pretende determinar, cuál de las parcelas censadas alberga el mayor número de especies vegetales distribuidas de forma equitativa. Dicho índice tiene la siguiente fórmula:

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$$

Ecuación 1

Donde:

p_i : Frecuencia relativa de cada especie

S : Número de especies

2.5. RESULTADOS OBTENIDOS

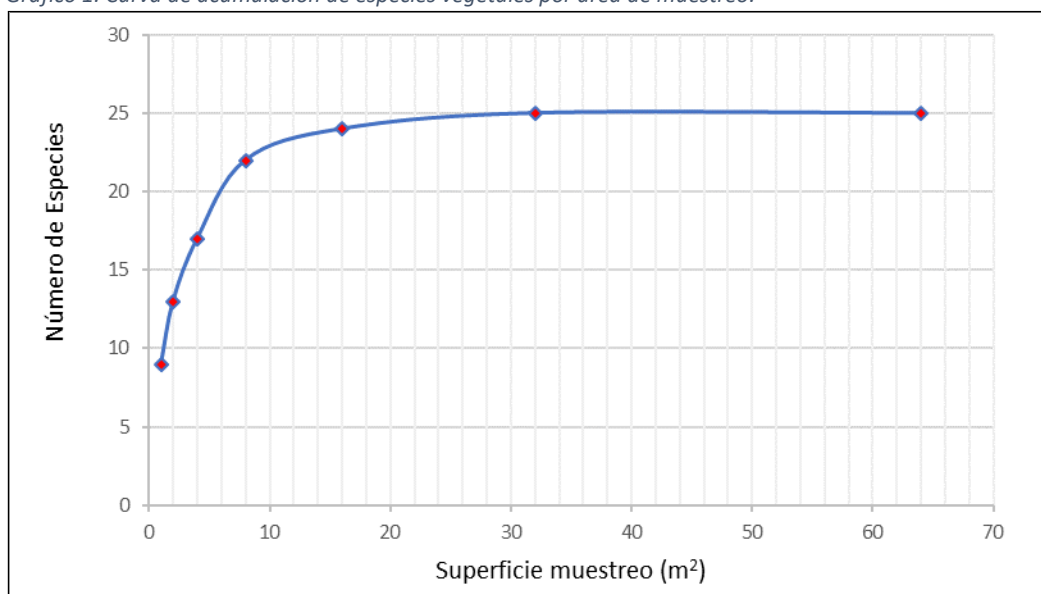
2.5.1. Registro de especies vegetales por censo

Las especies vegetales descritas en cada uno de los censos realizados se muestran en el anexo 1 en base a los registros de terreno. Todos ellos fueron unificados en una planilla Excel agrupando en cada área de muestreo duplicada sólo aquellas especies que no aparecían en el área anterior (según lo establecido en el punto 4.1.). Esta información se presenta en la Tabla 1.

2.5.2. Determinación del área mínima de muestreo

Previo a la determinación del área mínima se construyó la curva de acumulación de especies (Gráfico 1).

Gráfico 1: Curva de acumulación de especies vegetales por área de muestreo.



El gráfico 1 muestra que dicha curva es del tipo logarítmica, bajo la siguiente ecuación:

$$f(x) = a \ln(x) + b$$

Ecuación 2

Tabla 1: registro de especies vegetales nuevas por área de muestreo en cada censo

m ²	Nombre científico	N Acu.	Frec. Acum.
1	<i>Nolana crassulifolia</i>	1	0,04
1	<i>Nolana pullally</i>	2	0,08
1	<i>Sisyrinchium chilense</i>	3	0,12
1	<i>Puya</i>	4	0,16
1	<i>Sisyrinchium arenarium</i>	5	0,20
1	<i>Solanum maritimum</i>	6	0,24
1	<i>Stipa caudata</i>	7	0,28
1	<i>Frankenia salina</i>	8	0,32
1	<i>Schinus latifolius</i>	9	0,36
2	<i>Eryngium paniculatum</i>	10	0,40
2	<i>Heliotropium stenophyllum</i>	11	0,44
2	<i>Alstroemeria pelegrina</i>	12	0,48
2	<i>Bahia ambrosioides</i>	13	0,52
4	<i>Sisyrinchium striatum</i>	14	0,56
4	<i>Lobelia excelsa</i>	15	0,60
4	<i>Cryptocarya alba</i>	16	0,64
4	<i>Baccharis macraei</i>	17	0,68
8	<i>Oxalis gigantea</i>	18	0,72
8	<i>Flourenzia thurifera</i>	19	0,76
8	<i>Escallonia pulvurulenta</i>	20	0,80
8	<i>Fuchsia lysioidea</i>	21	0,84
8	<i>Haplopappus foliosus</i>	22	0,88
16	<i>Lobelia polyphylla</i>	23	0,92
16	<i>Cisthante grandiflora</i>	24	0,96
32	<i>Polyachyrus poppigii</i>	25	1,00

A partir de la Ecuación 2 y del gráfico 1 se construyó la Tabla 2, mediante la cual se determinaron las constantes a y b desde la Ecuación 3 y la Ecuación 4. Los resultados se presentan en la Ecuación 5 y en la Ecuación 6, respectivamente.

A través de estos resultados se determinó la ecuación de la curva según se muestra en la Ecuación 7.

Tabla 2: Determinación de las Constante a y b para la ecuación de la curva propuesta

	$M^2(X)$	$acum(y)$	$ln(x)$	$ln(x)^2$	$ln(x)*y$	y^2
	1	9	0	0	0	81
	2	13	0,693147181	0,480453014	9,01091335	169
	4	17	1,386294361	1,921812056	23,5670041	289
	8	22	2,079441542	4,324077125	45,7477139	484
	16	24	2,772588722	7,687248223	66,5421293	576
	32	25	3,465735903	12,01132535	86,6433976	625
Σ	63	110	10,39720771	26,42491577	231,511158	2224
promedio	10,5000	18,3333	1,7329	4,4042	38,5852	370,6667

$$a = \frac{\sum \ln(x)y - \bar{y} \sum \ln(x)}{\sum \ln(x)^2 - \ln(\bar{x}) \sum \ln(x)}$$

Ecuación 3

$$b = \bar{y} - a \ln(\bar{x})$$

Ecuación 4

$$a = \frac{231,511 - 18,333 \times 10,397}{26,425 - 1,733 \times 10,397}$$

Ecuación 5

$$a = 4,864$$

$$b = 18,333 - 4,864 \times 1,733$$

Ecuación 6

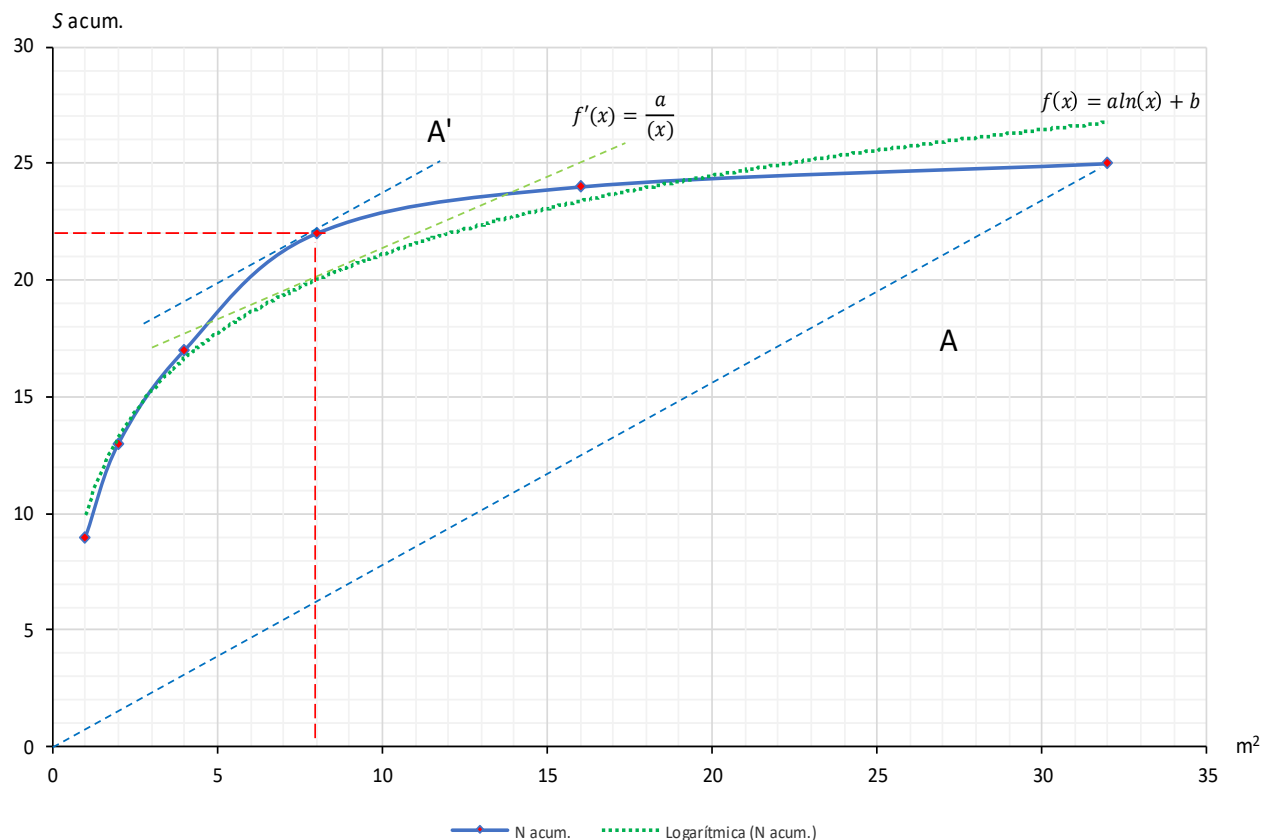
$$b = 9,905$$

$$f(x) = 4,864 \ln(x) + 9,905$$

Ecuación 7

Es preciso aclarar que la Ecuación 7 representa la curva logarítmica de tendencia, es decir; aquella curva que representa la mayor correlación de los datos levantados en terreno. Esta curva se representa en el Gráfico 2 a través de la línea punteada verde.

Gráfico 2: Curva de acumulación de especies vegetales por área de muestreo y su tendencia de logarítmica



Para determinar el área mínima se utilizó la metodología descrita en el punto 4.1, lo que dio como resultado 8 m².

La proyección de este punto sobre el eje y, mediante la Ecuación 7, da como resultado 20,02 según los siguientes cálculos:

$$f(8) = 4,864 \ln(8) + 9,905$$

$$f(8) = 4,864 \times 2,079 + 9,905$$

Ecuación 8

$$f(8) = 20,02$$

Sin embargo, si realiza la misma proyección, pero esta vez sobre la curva de acumulación de especies (de color azul en el Gráfico 2), se obtienen 22 especies, lo cual resulta lógico ya que según se puede apreciar en la Tabla 1, el área de 8 m² alberga desde 18 hasta 22 especies, siendo el valor obtenido por la Ecuación 7 el punto medio de esta área de muestreo.

La metodología aplicada para determinar el área mínima según Hernández (2000) establece que la pendiente de la recta tangente debe variar entre el 5% y 10%. Para verificar este criterio se determinó el valor de la pendiente de la recta tangente de la curva de estimación mediante la derivada de la Ecuación 7. Los cálculos son los siguientes:

$$f(x) = 4,864 \ln(x) + 9,905$$

$$f'(x) = \frac{4,864}{(x)}$$

Ecuación 9

$$f'(8) = \frac{4,864}{(8)}$$

$$f'(8) = 0,608$$

La determinación de la ecuación de la pendiente (derivada de la recta tangente a la curva estimada de acumulación) se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$y - y_1 = m(x - x_1)$$

Ecuación 10

Considerando los valores determinados para el punto tangente en la curva estimada de acumulación se determina la ecuación de la recta tangente:

$$y - 20,02 = 0,608(x - 8)$$

Ecuación 11

$$y = 0,608x + 15,156$$

Por lo tanto, si a través de la Ecuación 11 se calcula el número de especies aumentando a 11 m² el área de muestro, se tiene el siguiente resultado:

$$y = 0,608 \times 11 + 15,156$$

Ecuación 12

$$y = 21,844$$

De este modo se tiene que; aumentar el área de muestreo de 8 m² a 11 m² equivale a un aumento de 9% ya que se hace sobre un máximo de 32 m². Por otro lado, el aumento de 20 a 22 especies equivale a un aumento del 8%, ya que se hace sobre un máximo de 25 especie.

Por lo tanto, el punto que determina el área mínima de muestreo tiene una pendiente menor al 10% (determinada por la derivada $\frac{dy}{dx} = a \ln(x) + b$) lo que significa que; si a partir de este punto se aumenta sucesivamente el área de muestreo en un 10%, la aparición de nuevas especies será siempre menor a dicho porcentaje.

En resumen, el punto que determina el área mínima de muestreo cumple con la condición establecida por Hernández (2000).

2.5.3. Número mínimo de censos

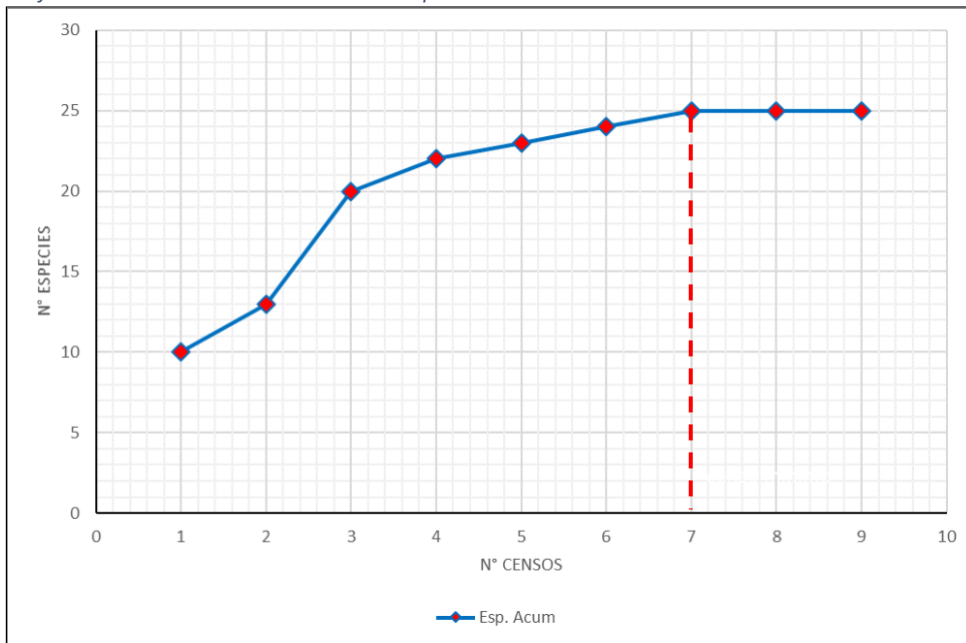
La determinación del número mínimo de censo se realizó mediante el registro de especies nuevas que aparecían en cada censo sucesivo (Tabla 3).

A partir de esta tabla se construyó el gráfico de censos mínimos. Este indica que a partir del censo número siete ya no se registran nuevas especies (Gráfico 3).

Tabla 3: acumulación de especies por censo realizado

Censos	Nombre científico	N° Acum. Especies	Frec. Acum.
1	<i>Nolana crassulifolia</i>	1	0,04
1	<i>Stipa caudata</i>	2	0,08
1	<i>Baccharis macraei</i>	3	0,12
1	<i>Nolana pullally</i>	4	0,16
1	<i>Alstroemeria pelegrina</i>	5	0,20
1	<i>Solanum maritimum</i>	6	0,24
1	<i>Haplopappus foliosus</i>	7	0,28
1	<i>Cisthante grandiflora</i>	8	0,32
1	<i>Schinus latifolius</i>	9	0,36
1	<i>Oxalis gigantea</i>	10	0,40
2	<i>Sisyrinchium striatum</i>	11	0,44
2	<i>Bahia ambrosioides</i>	12	0,48
2	<i>Eryngium paniculatum</i>	13	0,52
3	<i>Sisyrinchium chilense</i>	14	0,56
3	<i>Puya</i>	15	0,60
3	<i>Frankenia salina</i>	16	0,64
3	<i>Sisyrinchium arenarium</i>	17	0,68
3	<i>Lobelia polyphylla</i>	18	0,72
3	<i>Lobelia excelsa</i>	19	0,76
3	<i>Escallonia pulvulenta</i>	20	0,80
4	<i>Flourenzia thurifera</i>	21	0,84
4	<i>Cryptocarya alba</i>	22	0,88
5	<i>Fuchsia lysoides</i>	23	0,92
6	<i>Heliotropium stenophyllum</i>	24	0,96
7	<i>Polyachyrus poppigii</i>	25	1,00
8	--	25	1,00
9	--	25	1,00

Gráfico 3: Curva de acumulación de censos para determinar cuál es el número mínimo de ellos



2.5.4. Áreas de cobertura

Los resultados de la determinación de las áreas de cobertura por parcela de muestreo corresponden a la suma de las coberturas por especies presentes. Estos resultados se obtuvieron a través de fotointerpretación y vectorización de imágenes a mediante vuelo de dron, ellos se presentan en la Tabla 4.

Estos resultados muestran que sólo la parcela 4 supera el 50% de cobertura. La parcela con el menor porcentaje de cobertura es la 9 con un 36,9%.

A partir de estos resultados es posible determinar cuál o cuáles especies están mayormente representadas. Esto se realiza a través del valor de importancia, el cual se presenta en la Tabla 5. Los resultados muestran que la especie *Stipa caudata* está representada en casi un 20% lo cual es una cifra alta si se considera que el número total de especies descritas alcanzó a 25. La misma tabla también muestra que *Stipa caudata*, *Nolana pullally* y *Solanum maritimum*, están presentes en cada una de las parcelas censadas. Otras especies como *Eryngium paniculatum*, y *Baccharis macraei* sólo estuvieron ausente en una sola parcela. Estas cinco especies concentran en total el 50% de la cobertura.

Otras especies como *Polyachyrus poppigii*, *Cisthante grandiflora*, *Lobelia polyphylla*, *Fuchsia lysioides* y *Heliotropium stenophyllum* reúnen los valores de importancia más bajos, lo que coincide con su baja representación, estando las dos primeras especies presente en una parcela y las tres restantes, presentes en dos parcelas.

Los inventarios fitosociológicos realizados permitieron determinar la diversidad biológica a través de la cuantificación del número de especies presentes al interior de cada parcela censada (riqueza específica), lo que ayuda a tener una visión de la estructura de la comunidad vegetal. De este modo - podemos- a través de un simple conteo de especies presentes al interior de una parcela, tener una aproximación a un resultado que esboce cuál de ellas presenta la mayor biodiversidad. La *Tabla 6* muestra que la parcela 8 es la que reúne el mayor número de especies.

Sin embargo, existen otros tipos de índices basados en la estructura de la comunidad, es decir, la abundancia relativa de cada especie al interior de la comunidad, esto es; la proporción de individuos de una especie con relación al total de individuos que conforman la comunidad, que para el caso puntual es homologable a la cobertura de cada especie respecto del total. Según esto, la parcela 8 presenta el valor más alto del Índice de Biodiversidad (H'). Sin embargo, el hecho de concentrar un

número mayor de especies significa que tiene un potencial de biodiversidad más alto que el resto, por lo tanto, es necesario que esta cuantificación considere dicha variable a través del $H'max$. De este modo se podrá saber cuál es valor máximo de biodiversidad que puede alcanzar una parcela en particular o el laboratorio vegetal en general, pudiendo -a través del índice de Pielou (ecuación 13)- saber que tan cerca se encuentran las áreas medidas de su valor máximo.

Según lo que muestra la *Tabla 6* las parcelas que más se acercan al valor 1 (valor máximo del Índice de Pielou) son las parcelas 8, 5, 4 y 9 con valores de índice de 0,58; 0,57; 0,53 y 0,51 respectivamente.

$$J = \frac{H'}{H'max}$$

Ecuación 13

Donde $H'max$ está definido como:

$$H'max = \ln S$$

Ecuación 14

Tabla 4: Coberturas determinadas para cada especie por parcela de muestreo

LABORATORIO VEGETAL LAS SALINAS									
PARCELA	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Fecha	26-04-18	26-04-18	26-04-18	08-05-18	08-05-18	10-05-18	11-05-18	11-05-18	10-05-18
E	261837,18	261836,87	261850,96	261852,49	261850,55	261860,02	261857,24	261869,73	261873,67
N	6345554,50	6345567,44	6345628,81	6345632,38	6345640,49	6345652,93	6345663,39	6345724,11	6345743,12
alt	14,00	11,00	9,00	4,00	8,00	16,00	17,00	22,00	14,00
Hora	10:00:00	10:30:00	11:01:00	12:31:00	13:34:00	11:00:00	10:36:00	10:18:00	16:57:00
m ² Parc	43,42	41,14	41,80	41,26	39,97	43,38	42,33	47,31	41,85
Total Cbtra	18,04	18,97	21,60	18,48	16,32	20,44	18,71	17,46	17,10
% Cbtra	41,6%	46,1%	51,7%	44,8%	40,8%	47,1%	44,2%	36,9%	40,9%
% S/Cbtra	58,4%	53,9%	48,3%	55,2%	59,2%	52,9%	55,8%	63,1%	59,1%

N°	N. científico	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
1	<i>Alstroemeria pelegrina</i>	0,16	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,13	0,06
2	<i>Baccharis macraei</i>	1,57	0,00	0,68	1,17	0,49	0,28	2,82	0,33
3	<i>Bahia ambrosioides</i>	0,00	1,64	0,00	0,33	0,17	0,13	0,17	1,19
4	<i>Cistanthe grandiflora</i>	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	<i>Cryptocarya alba</i>	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,10	0,00
6	<i>Eryngium paniculatum</i>	0,00	1,15	1,23	2,35	1,21	3,87	1,72	3,39
7	<i>Escallonia pulvurulenta</i>	0,00	0,00	1,46	0,18	0,00	0,00	0,10	0,00
8	<i>Flourenia thurifera</i>	0,00	0,00	0,00	0,71	0,29	0,00	0,00	0,22
9	<i>Frankenia salina</i>	0,00	0,00	0,30	1,13	0,23	0,29	0,59	1,43
10	<i>Fuchsia lysioideis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00	0,14	0,00
11	<i>Haplopappus foliosus</i>	1,34	2,44	0,00	1,02	0,75	0,55	0,00	0,94
12	<i>Heliotropium stenophyllum</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,45
13	<i>Leucocoryne coquimbensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	<i>Lobelia excelsa</i>	0,00	0,00	0,40	0,00	0,47	0,70	0,27	0,00
15	<i>Lobelia polyphylla</i>	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00
16	<i>Nolana crassulifolia</i>	1,18	0,00	4,31	0,00	2,70	0,00	0,00	0,78
17	<i>Nolana pullally</i>	7,39	2,97	5,08	4,94	0,81	3,14	3,35	0,24
18	<i>Oxalis gigantea</i>	0,39	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00
19	<i>Polyachyrus poppigi</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
20	<i>Puya</i>	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,14	0,05
21	<i>Schinus latifolius</i>	0,92	0,54	0,00	0,96	0,00	1,31	1,00	0,31
22	<i>Sisyrinchium arenarium</i>	0,00	0,00	0,27	0,18	0,00	0,00	0,00	0,15
23	<i>Sisyrinchium chilense</i>	0,00	0,00	0,16	0,07	0,17	0,00	1,44	0,07
24	<i>Sisyrinchium striatum</i>	0,00	0,75	0,00	0,05	0,00	0,19	0,05	0,33
25	<i>Solanum maritimum</i>	2,81	0,13	1,12	1,19	0,93	0,10	0,83	1,46
26	<i>Stipa caudata</i>	1,91	8,72	5,97	4,14	7,66	9,41	5,29	6,54

Tabla 5: Valor de importancia por especie censada

N°	N. científico	f	%f	f relat	cobs abs (m²)	cobs relat	V.I.
1	<i>Stipa caudata</i>	9	100,0%	0,07438017	55,91	0,3345	0,4089
2	<i>Nolana pullally</i>	9	100,0%	0,07438017	29,38	0,1758	0,2502
3	<i>Eryngium paniculatum</i>	8	88,9%	0,0661157	18,19	0,1088	0,1749
4	<i>Solanum maritimum</i>	9	100,0%	0,07438017	8,84	0,0529	0,1273
5	<i>Baccharis macraei</i>	8	88,9%	0,0661157	7,63	0,0457	0,1118
6	<i>Haplopappus foliosus</i>	7	77,8%	0,05785124	8,70	0,0520	0,1099
7	<i>Nolana crassulifolia</i>	4	44,4%	0,03305785	8,97	0,0537	0,0867
8	<i>Bahia ambrosioides</i>	7	77,8%	0,05785124	4,24	0,0254	0,0832
9	<i>Schinus latifolius</i>	6	66,7%	0,04958678	5,03	0,0301	0,0797
10	<i>Frankenian salina</i>	6	66,7%	0,04958678	3,97	0,0238	0,0733
11	<i>Sisyrinchium striatum</i>	6	66,7%	0,04958678	3,63	0,0217	0,0713
12	<i>Sisyrinchium chilense</i>	5	55,6%	0,04132231	1,92	0,0115	0,0528
13	<i>Oxalis gigantea</i>	4	44,4%	0,03305785	1,85	0,0111	0,0442
14	<i>Puya</i>	4	44,4%	0,03305785	0,58	0,0035	0,0365
15	<i>Alstroemeria pelegrina</i>	4	44,4%	0,03305785	0,51	0,0030	0,0361
16	<i>Escallonia pulvurulenta</i>	3	33,3%	0,02479339	1,74	0,0104	0,0352
17	<i>Cryptocarya alba</i>	4	44,4%	0,03305785	0,15	0,0009	0,0339
18	<i>Lobelia excelsa</i>	4	44,4%	0,03305785	1,85	0,0111	0,0441
19	<i>Flourenzia thurifera</i>	3	33,3%	0,02479339	1,22	0,0073	0,0321
20	<i>Sisyrinchium arenarium</i>	3	33,3%	0,02479339	0,61	0,0036	0,0284
21	<i>Heliotropium stenophyllum</i>	2	22,2%	0,01652893	0,92	0,0055	0,0220
22	<i>Fuchsia lysioides</i>	2	22,2%	0,01652893	0,56	0,0034	0,0199
23	<i>Lobelia polyphylla</i>	2	22,2%	0,01652893	0,26	0,0016	0,0181
24	<i>Cistanthe grandiflora</i>	1	11,1%	0,00826446	0,38	0,0023	0,0106
25	<i>Polyachyrus poppigii</i>	1	11,1%	0,00826446	0,08	0,0005	0,0088
26	<i>Leucocoryne coquimbensis</i>	0	0,0%	0	0,00	0,0000	0,0000

INF-EYP-002 - Informe estado de desarrollo e índice de crecimiento
Laboratorio Vegetal Las Salinas
CAPÍTULO II

Tabla 6: Determinación del Índice de Shannon

N°	N. científico	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	m² totales/ especie pi*log2(pi)	
		m² pi*log2(pi)	m² pi*log2(pi)	m² pi*log2(pi)	m² pi*log2(pi)	m² pi*log2(pi)	m² pi*log2(pi)	m² pi*log2(pi)	m² pi*log2(pi)	m² pi*log2(pi)		
1	<i>Alstroemeria pelegrina</i>	0,16 -0,06	0,00 0,00	0,15 -0,05	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,13 -0,05	0,00 0,00	0,06 -0,03	0,510	0,02548
2	<i>Baccharis macraei</i>	1,57 -0,31	0,00 0,00	0,68 -0,16	1,17 -0,25	0,49 -0,15	0,28 -0,09	2,82 -0,41	0,28 -0,10	0,33 -0,11	7,633699062	0,20337
3	<i>Bahia ambrosioides</i>	0,00 0,00	1,64 -0,31	0,00 0,00	0,33 -0,10	0,17 -0,07	0,13 -0,05	0,17 -0,06	1,19 -0,26	0,62 -0,17	4,239703103	0,13447
4	<i>Cistanthe grandiflora</i>	0,38 -0,12	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,383757093	0,02013
5	<i>Cryptocarya alba</i>	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,03 -0,02	0,01 -0,01	0,01 0,00	0,10 -0,04	0,00 0,00	0,00 0,00	0,145925116	0,00887
6	<i>Eryngium paniculatum</i>	0,00 0,00	1,15 -0,25	1,23 -0,23	2,35 -0,38	1,21 -0,28	3,87 -0,45	1,72 -0,32	3,39 -0,46	3,27 -0,46	18,18651244	0,34822
7	<i>Escallonia pulvurulenta</i>	0,00 0,00	0,00 0,00	1,46 -0,26	0,18 -0,07	0,00 0,00	0,00 0,00	0,10 -0,04	0,00 0,00	0,00 0,00	1,743347039	0,06867
8	<i>Flourenzia thurifera</i>	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,71 -0,18	0,29 -0,10	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,22 -0,08	1,219823964	0,05181
9	<i>Frankenia salina</i>	0,00 0,00	0,00 0,00	0,30 -0,09	1,13 -0,25	0,23 -0,09	0,29 -0,09	0,59 -0,16	1,43 -0,30	0,00 0,00	3,970452777	0,12818
10	<i>Fuchsia lysioidea</i>	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,42 -0,14	0,00 0,00	0,14 -0,05	0,00 0,00	0,00 0,00	0,560073744	0,02755
11	<i>Haplopappus foliosus</i>	1,34 -0,28	2,44 -0,38	0,00 0,00	1,02 -0,23	0,75 -0,20	0,55 -0,14	0,00 0,00	0,94 -0,23	1,65 -0,33	8,696743153	0,22190
12	<i>Heliotropium stenophyllum</i>	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,47 -0,12	0,00 0,00	0,45 -0,14	0,00 0,00	0,916321681	0,04118
13	<i>Leucocoryne coquimbensis</i>	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00		
14	<i>Lobelia excelsa</i>	0,00 0,00	0,00 0,00	0,40 -0,11	0,00 0,00	0,47 -0,15	0,70 -0,17	0,27 -0,09	0,00 0,00	0,00 0,00	1,848914484	0,07189
15	<i>Lobelia polyphylla</i>	0,00 0,00	0,00 0,00	0,10 -0,04	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,16 -0,06	0,00 0,00	0,00 0,00	0,264963847	0,01475
16	<i>Nolana crassulifolia</i>	1,18 -0,26	0,00 0,00	4,31 -0,46	0,00 0,00	2,70 -0,43	0,00 0,00	0,00 0,00	0,78 -0,20	0,00 0,00	8,972575271	0,22652
17	<i>Nolana pullally</i>	7,39 -0,53	2,97 -0,42	5,08 -0,49	4,94 -0,51	0,81 -0,22	3,14 -0,42	3,35 -0,44	0,24 -0,09	1,47 -0,30	29,38335402	0,44092
18	<i>Oxalis gigantea</i>	0,39 -0,12	0,64 -0,16	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,32 -0,10	0,00 0,00	0,52 -0,15	1,854572923	0,07206
19	<i>Polyachyrus poppigii</i>	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,08 -0,03	0,00 0,00	0,00 0,00	0,083945166	0,00550
20	<i>Puya</i>	0,00 0,00	0,00 0,00	0,35 -0,10	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,14 -0,05	0,05 -0,03	0,03 -0,02	0,576727099	0,02822
21	<i>Schinus latifolius</i>	0,92 -0,22	0,54 -0,15	0,00 0,00	0,96 -0,22	0,00 0,00	1,31 -0,25	1,00 -0,23	0,31 -0,10	0,00 0,00	5,028778844	0,15209
22	<i>Sisyrinchium arenarium</i>	0,00 0,00	0,00 0,00	0,27 -0,08	0,18 -0,07	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,15 -0,06	0,609054123	0,02952
23	<i>Sisyrinchium chilense</i>	0,00 0,00	0,00 0,00	0,16 -0,05	0,07 -0,03	0,17 -0,07	0,00 0,00	1,44 -0,29	0,07 -0,03	0,00 0,00	1,921478324	0,07407
24	<i>Sisyrinchium striatum</i>	0,00 0,00	0,75 -0,19	0,00 0,00	0,05 -0,02	0,00 0,00	0,19 -0,06	0,05 -0,02	0,33 -0,11	2,25 -0,39	3,627723582	0,11994
25	<i>Solanum maritimum</i>	2,81 -0,42	0,13 -0,05	1,12 -0,22	1,19 -0,26	0,93 -0,24	0,10 -0,04	0,83 -0,20	1,46 -0,30	0,26 -0,09	8,840104408	0,22431
26	<i>Stipa caudata</i>	1,91 -0,34	8,72 -0,52	5,97 -0,51	4,14 -0,48	7,66 -0,51	9,41 -0,52	5,29 -0,52	6,54 -0,53	6,27 -0,53	55,90861085	0,52849
ni		18,05	18,97	21,60	18,48	16,32	20,44	18,71	17,46	17,10	167,13	
S		10	9	14	15	14	13	19	14	13	27	
H'		2,65	2,41	2,85	3,07	2,65	2,39	3,16	2,86	2,72	3,27	
H' max		3,32	3,17	3,81	3,91	3,81	3,70	4,25	3,81	3,70	5,00	
J		0,80	0,76	0,75	0,78	0,69	0,65	0,74	0,75	0,73	0,65	

2.5.5. Indicador de crecimiento

En base a los resultados obtenidos es posible desarrollar un indicador de crecimiento que pueda reflejar en el tiempo el estado de desarrollo del laboratorio vegetal considerando la cobertura alcanzada por cada parcela censada y la abundancia de especies (S) presentes.

Es fundamental que este polinomio incorpore una variable que dé cuenta de la riqueza de especies ponderando la mayor biodiversidad, lo cual se desarrolla a continuación con las siguientes fórmulas:

$$q_i = \frac{m^2 P_i}{m^2 \text{ totales } P_c} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

$m^2 P_i$ = m^2 de cobertura vegetal total de cada parcela i descrita.

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

Por lo tanto, el q_i tendrá la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n q_i = (q_i + q_{i+1} + q_{i+2} + \dots + q_n) \quad \text{Ecuación 16}$$

De este modo, el indicador δ estará dado por;

$$\delta = \left[\sum_{i=1}^n q_i \right] \kappa \quad \text{Ecuación 17}$$

Siendo:

$\kappa = \frac{S}{S'}$; Cociente entre S (número de especies presentes) y el S' proyectado (número de especies totales consideradas en el laboratorio).

En la Tabla 7 se presentan los valores para q_i según la Ecuación 15. Nótese que la cobertura vegetal total alcanzada durante este primer censo fue del 43,7%, lo cual coincide con las fotografías tomadas por el vuelo con dron donde sólo la parcela 4 alcanza una cobertura por sobre el 50%.

Tabla 7: desarrollo de la variable q_i

Parcelas censadas	m ² cbtra vegetal	m ² totales / Parcelas	q_i
P2	18,04	43,42	0,0472
P3	18,97	41,14	0,0496
P4	21,60	41,80	0,0565
P5	18,48	41,26	0,0483
P6	16,32	39,97	0,0427
P7	20,44	43,38	0,0534
P8	18,71	42,33	0,0489
P9	17,46	47,31	0,0457
P10	17,10	41,85	0,0447
TOTAL	167,12	382,46	0,4370

A partir de la información de la Tabla 7 es posible determinar el indicador de crecimiento según la Ecuación 17:

$$\delta = (0,4370) * \frac{25}{26}$$

$$\delta = (0,4370) * 0,9615$$

$$\delta = 0,4202$$

Ecuación 18

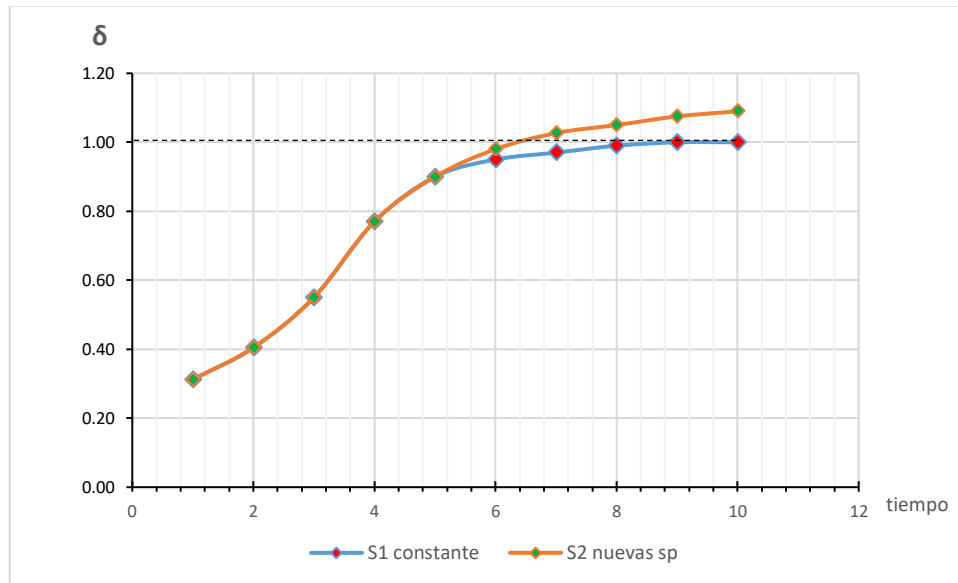
El indicador δ podrá alcanzar un valor 1 cuando los m² de cobertura vegetal igualen la superficie compuesta por la suma de las parcelas censadas, sin embargo, en la eventualidad que se desarrollen menos especies de las plantadas, este valor se mantendrá por debajo de 1. Por el contrario, si se desarrollan otras especies nativas y los metros m² de cobertura están igualados con los m² de superficie censal, el valor δ será mayor a 1. De este se espera que el indicador δ tome los siguientes valores:

$$\text{no aparecen nuevas especies: } 0 < \delta \leq 1$$

$$\text{aparecen nuevas especies: } \delta > 1$$

Ecuación 19

Y su comportamiento estará definido por la siguiente gráfica:



2.6. CONCLUSIÓN

El estudio realizado ha permitido crear un índice de crecimiento que combina los valores de riqueza y cobertura vegetal alcanzada por cada una de las especies involucradas en un determinado período, permitiendo de este modo tener un valor numérico de referencia que puede evidenciar cuál es el estado de desarrollo de una parcela en particular o del laboratorio.

La expresión del indicador δ se basó en una metodología que estuvo validada por diversos análisis matemáticos recomendados por varios autores, producto de lo cual, el número de censos desarrollados y el tamaño mínimo de las parcelas superaron los mínimos establecidos, validando de este modo el trabajo de terreno realizado.

La incorporación de nuevas herramientas, como fotografías aéreas tomadas por dron y su posterior vectorización y análisis en el Sistema de Información Geográfica ArcMap 10.1 permitieron desarrollar la medición de la cobertura vegetal con bastante exactitud, lo cual facilita la interpretación de los resultados en términos de determinar las variaciones del indicador δ .

La incorporación de la constante K como el cociente entre la riqueza (S) medida versus la esperada, incorpora un hecho relevante relacionado con la aparición de nuevas especies¹, obedeciendo a una reacción termodinámica espontánea, donde la liberación de energía de un estado de alta entropía hacia un estado energético más estable es capaz de permitir la realización del evento, reflejándose en K cuando este iguale o supere el valor 1.

Estudios posteriores deberán ser desarrollados con el objetivo de determinar un nuevo indicador que refleje la diferencia entre el área de la curva que incorpora nuevas especies, menos el área de la curva que considera sólo las especies proyectadas.

Cabe destacar que el presente estudio ha permitido evidenciar otros aspectos que pueden contribuir con el diseño de los espacios silvestres urbanos, como, por ejemplo, determinar qué especies se encuentran sobrerrepresentadas e inciden en la heterogeneidad de una unidad de estudio. Lo anterior puede ser medido utilizando el índice de Shannon, ya que este se basa en el número de especies presentes y su abundancia relativa, lo que conceptualmente equivale al grado de incertidumbre

¹ Para la determinación de nuevas especies se debe tener en cuenta cuáles son las especies invasoras, por lo tanto, se requiere de la confección de listado que dé cuenta de lo anterior.

asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad (Pla, 2006). Esto quiere decir, que, si una comunidad de S especies es muy heterogénea, porque domina una sola de ellas y el resto está débilmente representada, la probabilidad de obtener la especie dominante en una muestra al azar será alta y de baja incertidumbre. Sin embargo, si la comunidad es homogénea -es decir si todas las especies están igualmente representadas- cada especie tendrá la misma probabilidad de ser muestreada, aumentando entonces la incertidumbre. Por lo tanto, el índice de Shannon (H') será 0 cuando la muestra contenga solo una especie y H' será máximo cuando en la comunidad todas las especies S estén representadas por el mismo número de individuos i , lo que también es equivalente al número de especies presentes.

Entonces, es posible seleccionar una unidad de estudio replicable a través de este índice, o bien, este mismo índice permitiría mejorar su biodiversidad disminuyendo la sobre representación de ciertas especies. Un ejemplo de ello es el caso de la parcela 9, la cual, al disminuir de 6,54 m² a 2 m² la cobertura de la *Stipa caudata*, se produce un aumento de su índice de 2,86 a 3,20.

Otro aspecto importante que ha sido evidenciado con las metodologías del presente estudio tiene relación con la identificación de las parcelas con menos cobertura vegetal y que podrían ser candidatas a ensayos de fertilización.

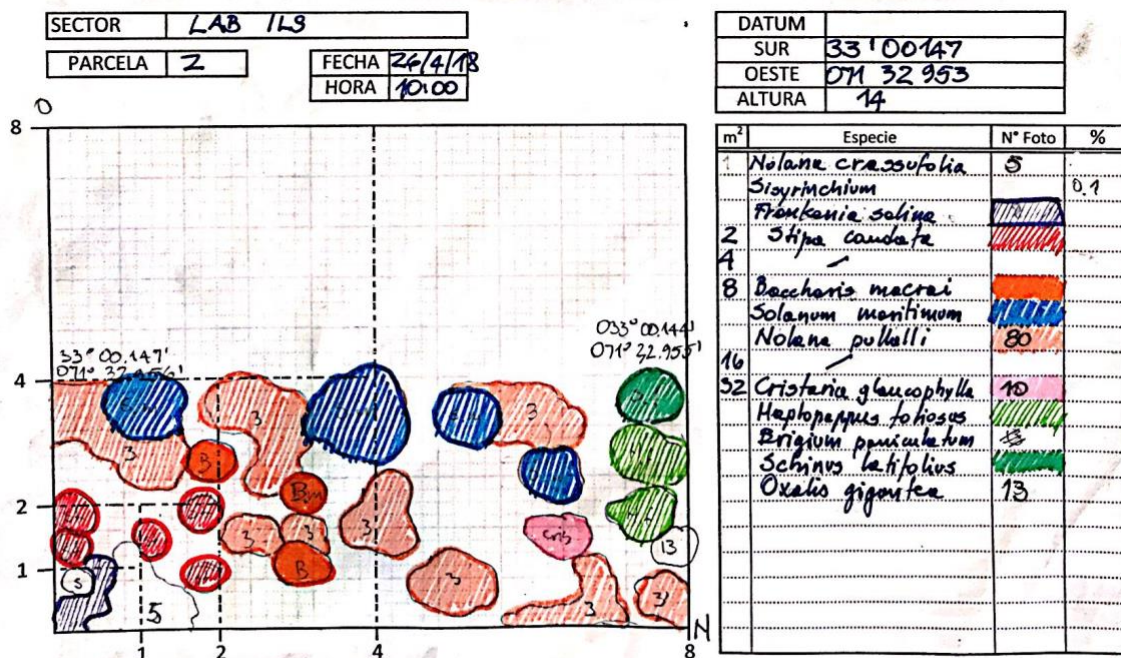
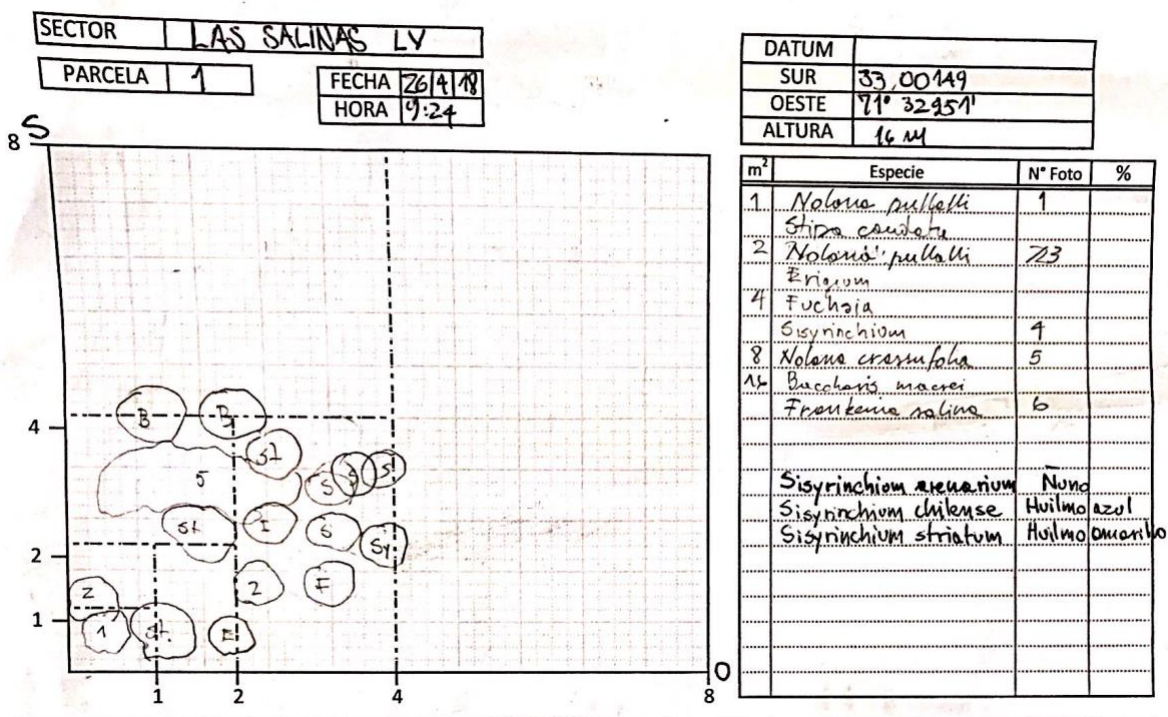
El presente estudio ha permitido evidenciar, fundamentar, respaldar y confirmar la viabilidad de utilizar unidades replicables de menor tamaño, iguales al tamaño mínimo de la parcela de muestreo, que para el caso puntual fue de 8m² y alberga desde el 72% al 88% de las especies.

Por último es necesario destacar que todas las mediciones y posibles patrones de réplica para nuevos espacios donde sea necesario reforestar con especies nativas, han sido realizados sobre la variante xerofítica del piso vegetacional de bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Schinus latifolius* y *Peumus boldo*, bajo condiciones particulares de soleamiento y orografía, por lo tanto, la réplica para otros tipos de pisos se debe realizar mediante la experiencia conseguida a través de nuevos laboratorios que contemplen otro tipo de condiciones. Un ejemplo de ello son las áreas xerófitas estrictas (suculentas) o especies de fondos de quebradas que requieren condiciones de luminosidad y humedad muy distintas.

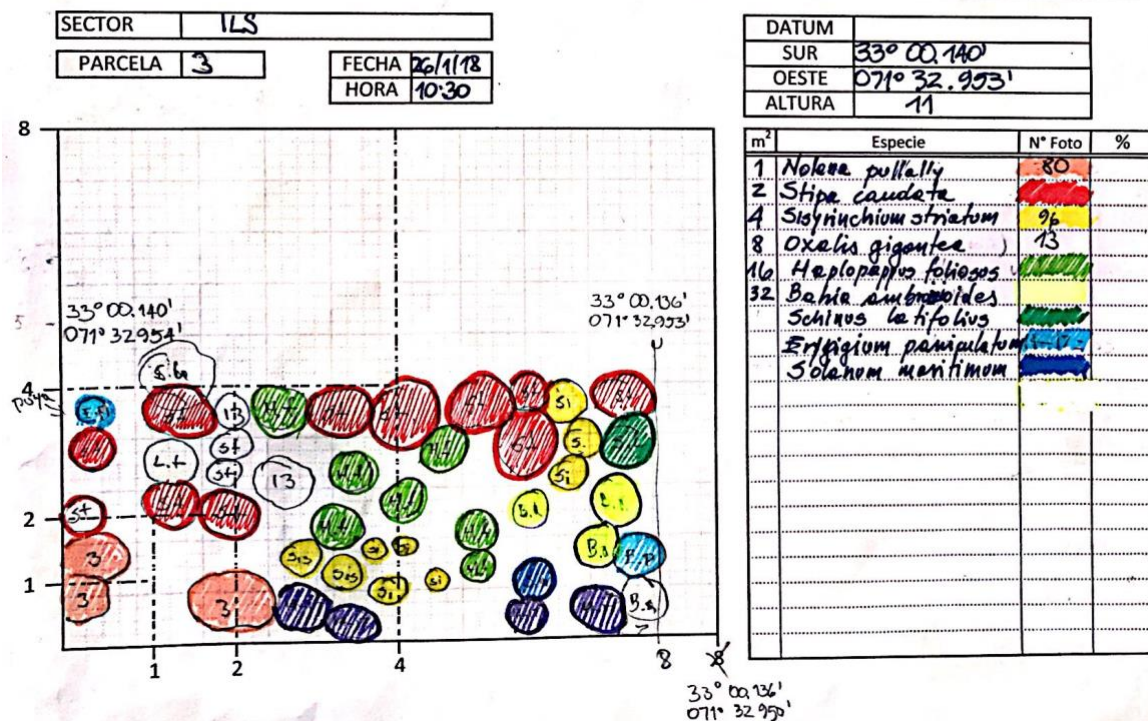
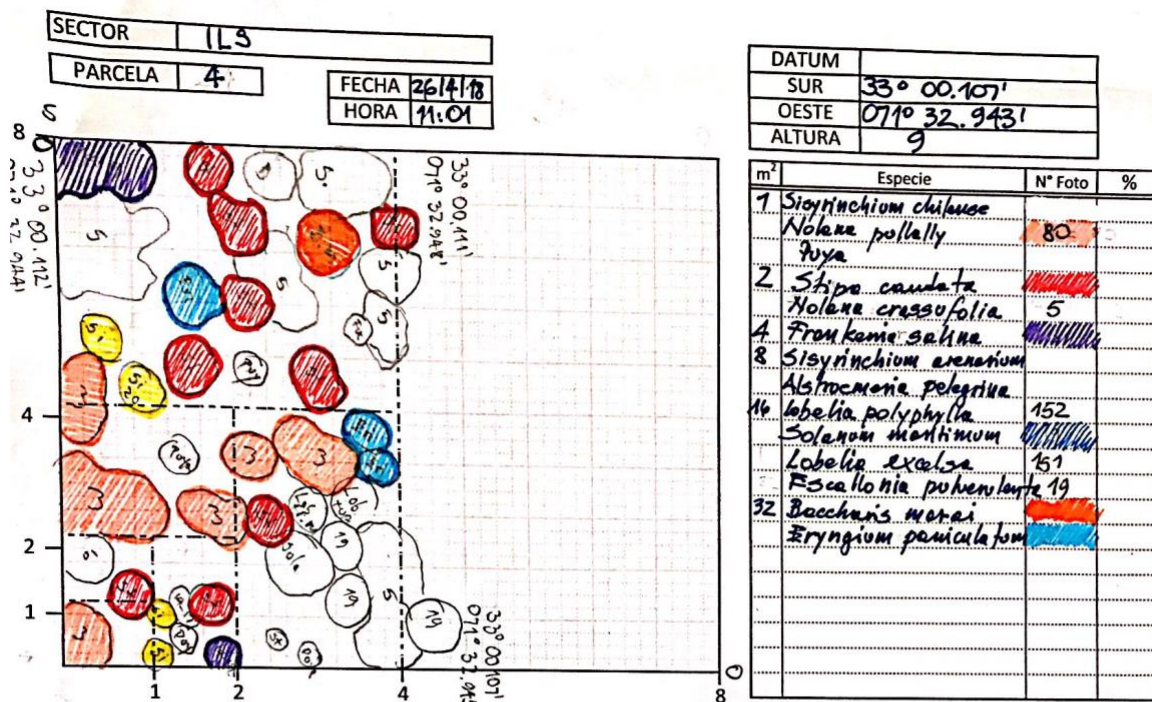
2.7. BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- Donghi, S. (2015). *Fundamentos para incorporar las áreas silvestres como espacios urbanos*. Inmobiliaria Las Salinas, Viña del Mar.
- Donghi, S. (2016). *Revisión de flora vascular propuesta en Proyecto "Plan de Mejoramiento & Cultural Vegetal para calle Jorge Montt"*. Santiago.
- Donghi, S. (2017). *Antecedentes científicos presentes en el Laboratorio Vegetal de Las Salinas*. Viña del Mar.
- Elortegui, S., & Novoa, P. (2009). *Orquídeas de la Región de Valparaíso*. Valparaíso: Taller La Era.
- 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.
- Luebert, F., & Pliscoff, P. (2006). *Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile*. Santiago: Editorial Universitaria.
- Marticorena, C. y. (1985). Catálogo de la Flora Vascular de Chile. *Gayana Botánica*, 42(1-2), 1-157.
- Pliscoff, P., & Luebert, F. (2006). Una nueva propuesta de clasificación de la vegetación de Chile y su aplicación en la evaluación del estado de conservación de los ecosistemas terrestres. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 22(1), 41-45.
- Teillier, S. (2005). *Nuestra Diversidad Biológica*. Santiago.
- 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.

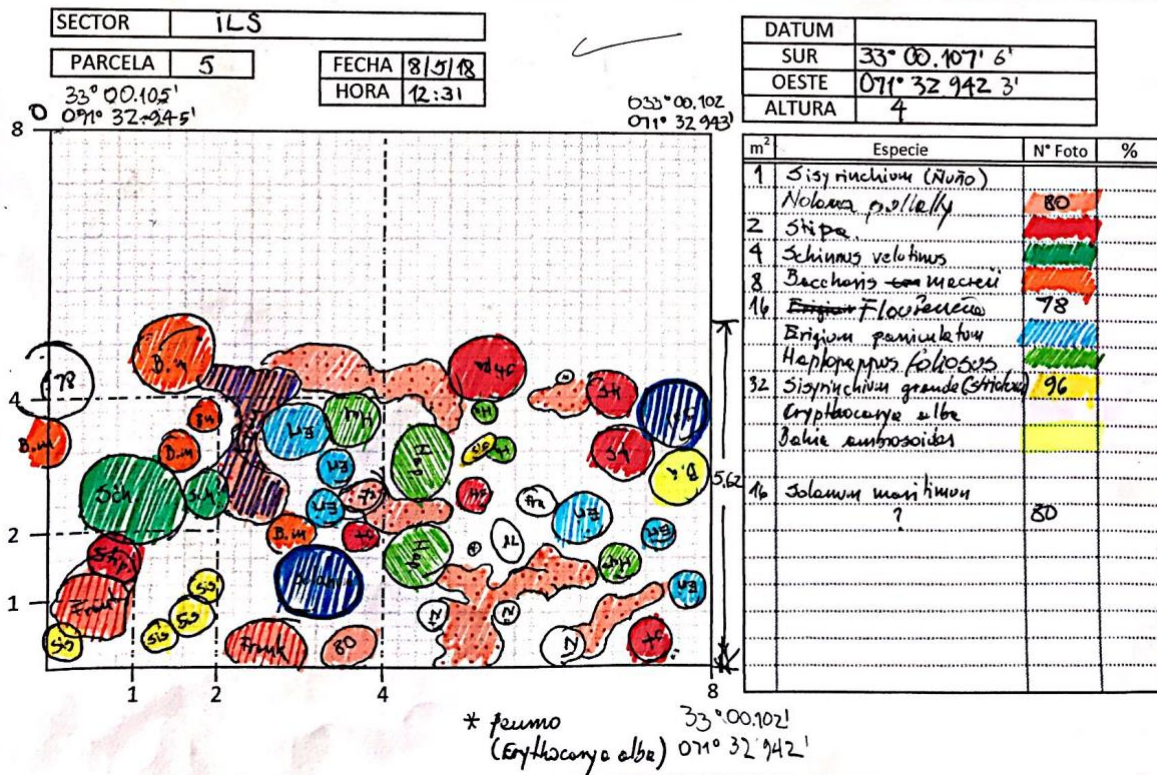
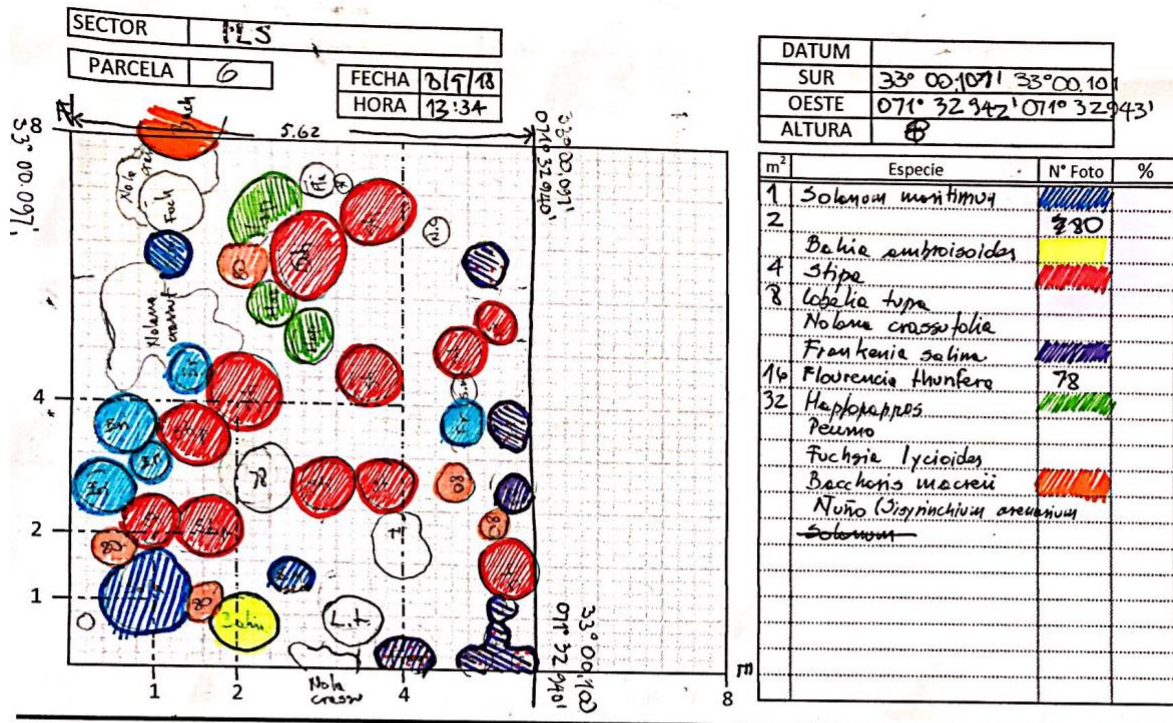
3. ANEXO 1



REGISTRO DE INVENTARIO FITOSOCIOLOGICO



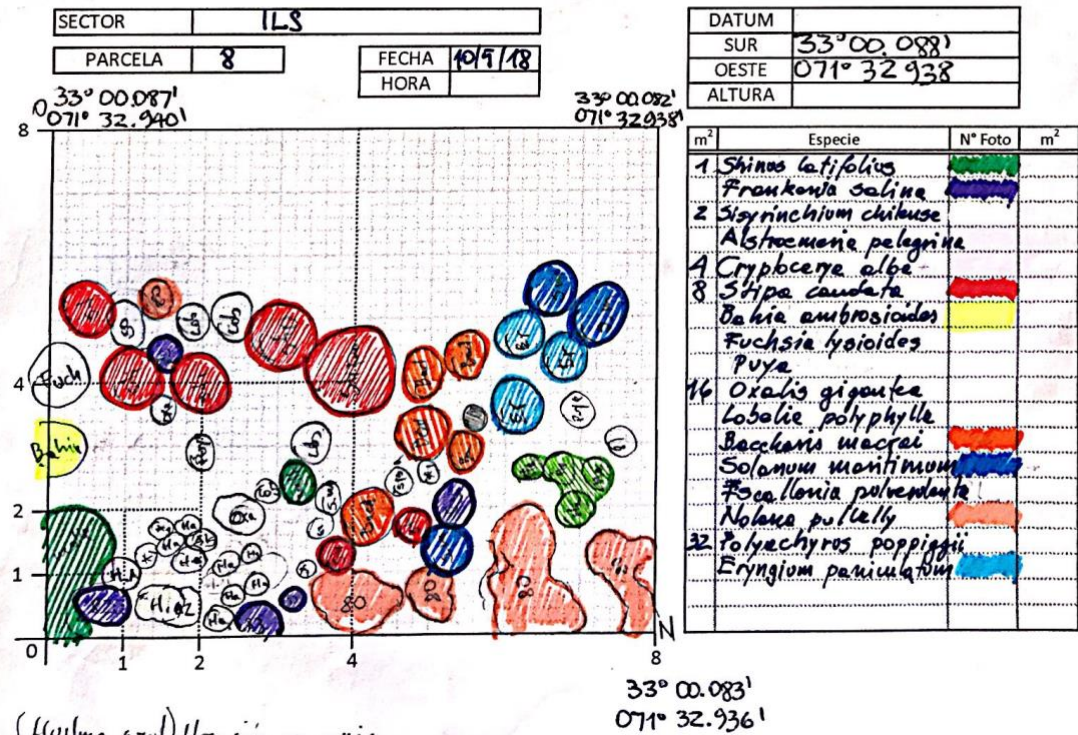
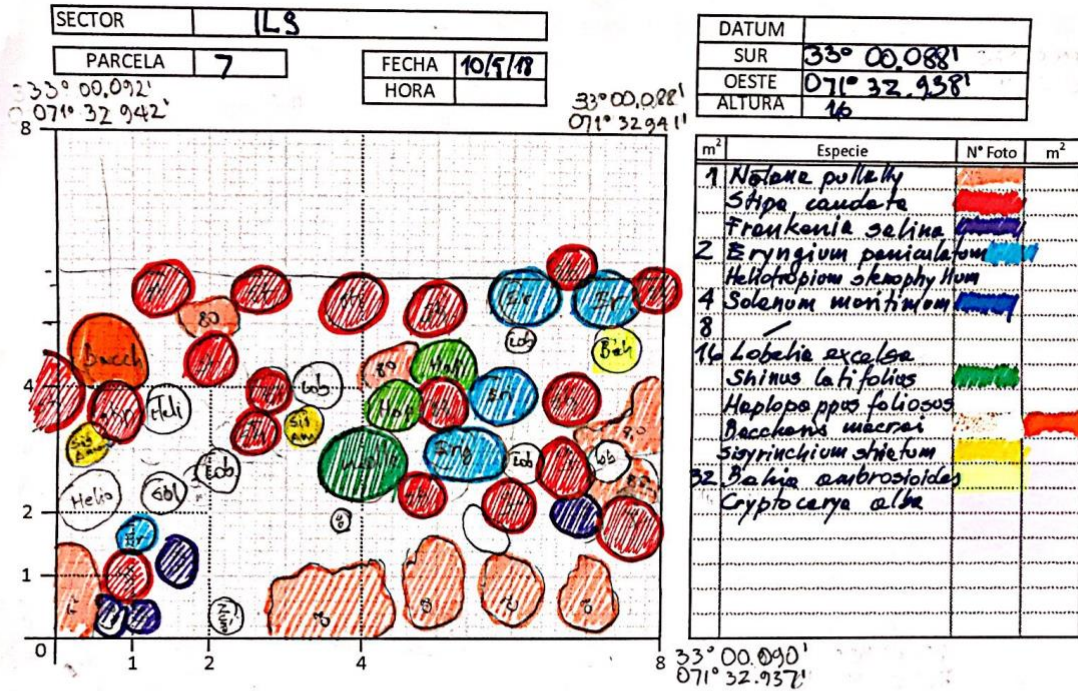
REGISTRO DE INVENTARIO FITOSOCIOLOGICO



C:\Users\Salvador\Documents\PERSONAL SALVADOR\SIMBIOSIS\INFORMES\REGISTRO_IF

SIMBIOSIS SPA

REGISTRO DE INVENTARIO FITOSOCIOLÓGICO



(florido azul) *Hemerocallis aurantiaca*
80 *Nolana pullely*
83 *Frankenia salina*

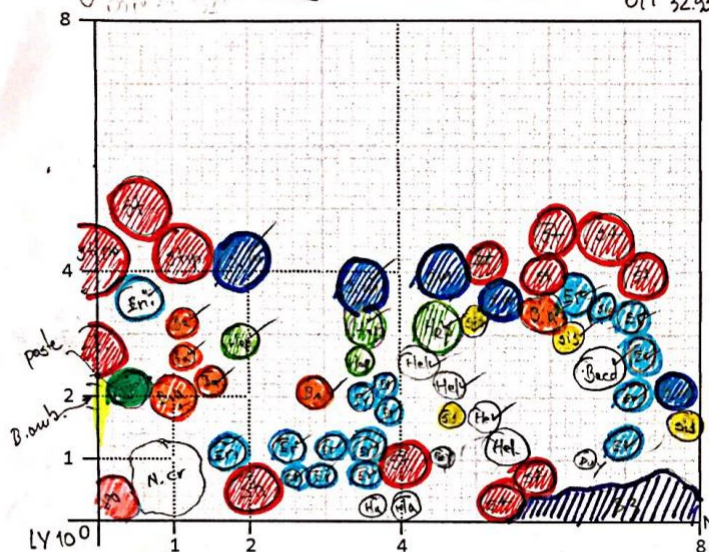
C:\Users\Salvador\Documents\PERSONAL SALVADOR\SIMBIOSIS\INFORMES\REGISTRO_IF

SECTOR	169
PARCELA	9
MT2	473

FECHA	10/5/18
HORA	

330 00.000
071° 32.931

DATUM	
SUR	33° 00.056'
OESTE	071° 32' 929
ALTURA	



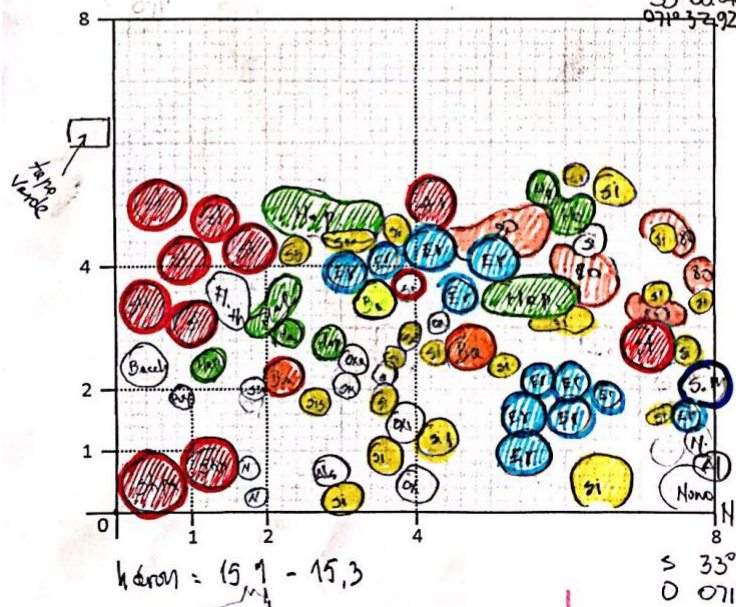
m²	Especie	Nº Foto	m²
1	<i>Nalana pulleyi</i>	80	0.22
	<i>N. crassifolia</i>		1.24
2	<i>B. ambrosioides</i>		1.30
4	<i>B. peniculatum</i>		3.70
8	<i>S. caudata</i>		7.74
	<i>Haplopappus foliosus</i>		1.10
16	<i>S. maritimum</i>		1.50
32	<i>Heliotropium stemonophyllum</i>		0.56
	<i>Puya</i>		0.05
	<i>Sisyrinchium striatum</i>	96	0.21
4	<i>Sisyrinchium chilense</i>	88	0.07
	<i>Schinus molle</i>		0.30
	TOTAL		19.85
	m² TOTALES Pg 473		
	m² TIERRA = 27.45		58

833° 00' 51"
071° 32' 27"

SECTOR			
PARCELA	10	FECHA	
	4124	HORA	16:57

33° 00' 04" N
071° 32' 27" W

DATUM	
SUR	33° 00.046'
OESTE	071° 32' 26"
ALTURA	41



m ²	Especie	N° Foto	m ²
1	<i>Stipa caudata</i>		
2	<i>Sisyrinchium areolarium</i>		
4	<i>Puya</i>		
8	<i>Haplopappus filiosus</i>		
	<i>Flourensia thurifera</i>	78	
	<i>Baccharis macra</i>		
16	<i>Dahia ambrosioides</i>		
	<i>Sisyrinchium strabus</i>	96	
	<i>Oxalis gigantea</i>		
32	<i>Nolane pulchella</i>	80	
	<i>Solanum montianum</i>		
16	<i>Astracantha pelagrine</i>		
	<i>Eryngium paniculatum</i>		

S 33° 00.041'
O 071° 32.924'

ESPECIES VEGETALES PARCELA N°2



SIMBOLOGÍA

Vértice:
E: 261837,18
N: 6345554,50

PARCELA 2

Especies Vegetales

Alstroemeria pelegrina
Baccharis macraei
Cristaria glaucophylla

Haplopappus foliosus
Nolana crassifolia
Nolana pullally
Oxalis gigantea

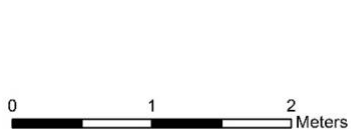
Schinus latifolius
Solanum maritimum
Stipa caudata

0 1 2 Meters



Sistema de Coordenadas:
UTM 19S Zone
Datum: WGS84
Autores: Constanza Romero G. - Cristián Zamora M.

ESPECIES VEGETALES PARCELA N°3



Sistema de Coordenadas:
UTM 19S Zone
Datum: WGS84
Autores: Constanza Romero G. - Cristián Zamora M.

ESPECIES VEGETALES PARCELA N°4



SIMBOLOGÍA		Especies Vegetales	
	Vertice: E:261850,96 N:6345628,81		Alstroemeria pelegriana
	PARCELA 4		Nolana pullally
			Puya
			Lobelia polyphylla
			Stipa caudata
			Nolana crassifolia
			Lobelia excelsa
			Sisyrinchium arenarium
			Sisyrinchium chilense
			Solanum maritimum
			Eryngium paniculatum
			Frankenia salina

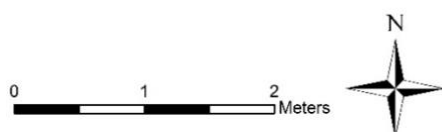


Sistema de Coordenadas: UTM 19S Zone
Datum: WGS84
Autores: Constanza Romero G. - Cristián Zamora M.

ESPECIES VEGETALES PARCELA N°5



SIMBOLOGÍA			
Vértice:			
E: 261852,49			
N: 6345632,38			
PARCELA 5			
Especies Vegetales			
Baccharis macraei	Flourensia thurifera	Bahia ambrosioides	Cryptocarya alba
Eryngium paniculatum	Escallonia pulvurulenta	Frankenia salina	Haplopappus foliosus
Nolana pullally	Schinus latifolius	Sisyrinchium arenarium	Sisyrinchium chilense
Solanum maritimum	Stipa caudata		



Sistema de Coordenadas:
UTM 19S Zone
Datum: WGS84
Autores: Constanza Romero G. - Cristián Zamora M.

ESPECIES VEGETALES PARCELA N°6



Sistema de Coordenadas: UTM 19S Zone
Datum: WGS84
Autores: Constanza Romero G. - Cristián Zamora M.

ESPECIES VEGETALES PARCELA N°7



SIMBOLOGÍA			
Vértice: E: 261860,02 N: 6345652,93 PARCELA 7	Especies Vegetales		
	Baccharis macraei Bahia ambrosioides Cryptocarya alba Eryngium paniculatum	Frankenia salina Haplopappus foliosus Heliotropium stenophyllum Lobelia excelsa Nolana pullally	Schinus latifolius Sisyrinchium striatum Solanum maritimum Stipa caudata



Sistema de Coordenadas:
UTM 19S Zone
Datum: WGS84
Autores: Constanza Romero G. - Cristián Zamora M.

ESPECIES VEGETALES PARCELA N°8

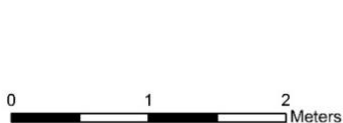


SIMBOLOGÍA			
Vértice: E: 261857,24 N: 6345663,39			
	PARCELA 8		Bahia ambrosioides
Especies Vegetales			Cryptocarya alba
	Alstroemeria pelegrina		Eryngium paniculatum
	Baccharis macraei		Escallonia pulvulenta
	Fuchsia lycioides		Lobelia excelsa
	Lobelia polyphylla		Lobelia excelsa
	Schinus latifolius		Lobelia excelsa
	Sisyrinchium chilense		Lobelia excelsa
	Sisyrinchium striatum		Lobelia excelsa
	Solanum maritimum		Lobelia excelsa
	Stipa caudata		Lobelia excelsa
	Puya		Lobelia excelsa



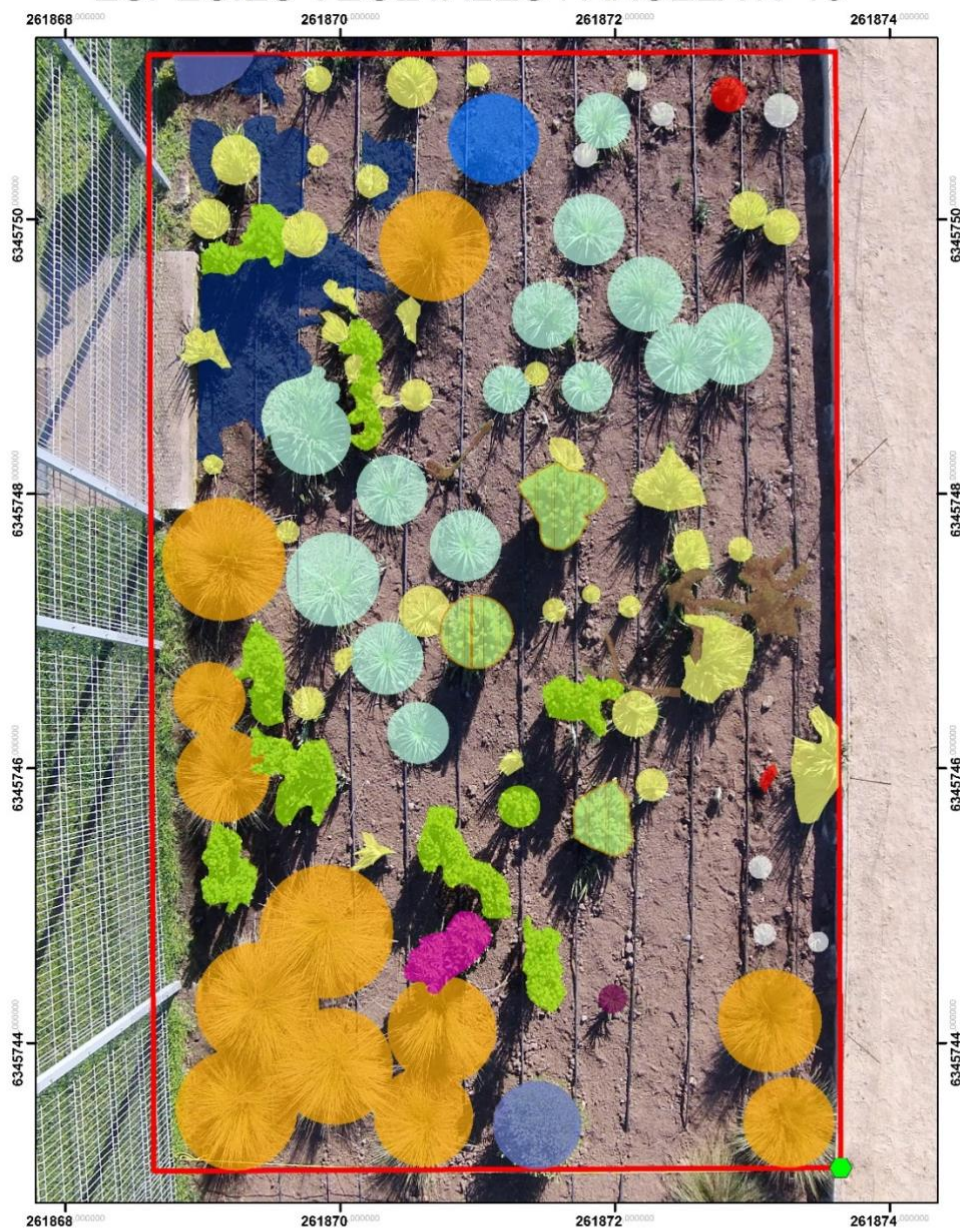
Sistema de Coordenadas:
UTM 19S Zone
Datum: WGS84
Autores: Constanza Romero G. - Cristián Zamora M.

ESPECIES VEGETALES PARCELA N°9



Sistema de Coordenadas: UTM 19S Zone
Datum: WGS84
Autores: Constanza Romero G. - Cristián Zamora M.

ESPECIES VEGETALES PARCELA N°10



SIMBOLOGÍA		Especies Vegetales					
	Vértice: E: 261873,67 N: 6345743,12		Alstroemeria pelegrina		Oxalis gigantea		Puya
			Baccharis macraei		Flourenxia thurifera		Sisyrinchium arenarium
			Bahia ambrosioides		Haplopappus foliosus		Sisyrinchium striatum
	Parcela 10		Eryngium paniculatum		Nolana pullally		Solanum maritimum
							Stipa caudata

0 1 2 Meters



Sistema de Coordenadas: UTM 19S Zone
Datum: WGS84
Autores: Constanza Romero G. - Cristián Zamora M.

4. ANEXO 2

Registro fotográfico junio 2018



Se observa la especie *Stipa caudata* recién podada y con brotación vigorosa. Los *Eryngium paniculatum* están con su inflorescencia seca pero no se podará hasta fines de invierno ya que en ella ponen sus huevos algunos insectos benéficos. *Nolana* y *Frankenia* van cubriendo lentamente el suelo y se ve también como los *Sisyrinchium* están en pleno crecimiento.



Stipa caudata

Con poda de 10 días
aprox. La poda basal hace
que la planta se renueve
por completo.



Sisyrinchium striatum

En pleno crecimiento



Frankenia salina

No presenta mayor crecimiento con respecto al verano.

Ya no hay flores.



Solanum maritimum

Brote en crecimiento.



Eryngium paniculatum

Hijuelos de *Eryngium paniculatum*.



Baccharis macraei

En crecimiento y próximos a poda formativa, algunos ejemplares aún están en flor.



Eryngium paniculatum

Presentan un desarrollo muy avanzado con respecto a otras especies y están aumentando en volumen y apareciendo plantas nuevas.



Alstroemeria pelegrina

Plena brotación de su follaje, a fines del verano había desaparecido por completo su parte aérea. Se ven muy vigorosas.



Alstroemeria pelegrina

Brotes.... Ya empiezan a colonizar.



Eryngium paniculatum

Aumentando su volumen.
Planta clave para polinizadores y aves.



***Sisyrinchium striatum* y
*Alstroemeria pelegrina***
en pleno crecimiento.



Puya berteroniana

Con excelente desarrollo.



Nolana puyalli

Cubriendo el suelo a los
pies de los *Sisyrinchium*
striatum.



***Happlopapus foliosus* y
*Sisyrinchium striatum***



Eryngium paniculatum

El hospedaje para el invierno. Inflorescencia de *Eryngium paniculatum*.

Planta clave para el control biológico de plagas.



Bahia ambrosioides

Aun presenta floración en su cara de exposición norte.



Haplopappus foliosus,
Sisyrinchium, Eryngium
paniculatum y Oxalis
gigantea.

La siembra ya está hecha,
resta sólo esperar.



***Oxalis gigantea* y
Sisyrinchium striatum,**
ambos creciendo.



***Heliotropium
stenophyllum***

Aun con flores.



***Nolana puyalli* y**

Frankenia salina



Solanum maritimum

Sus frutos casi casi secos.