



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA**

ADAPTACIÓN Y EVOLUCIÓN DE *Arabidopsis thaliana* (Brassicaceae) A CAMBIOS EN LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL AMBIENTE

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO (A) EN BIOLOGÍA

QUE PRESENTA:

Felipe Arath Macias López

DIRECTORA DE TESIS:

Dra. Adriana Garay Arroyo

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

Mtra. María del Socorro Sánchez Correa

Dr. Oswaldo Valdés López

Dra. Ana María García Bores

Lic. Jorge Arturo Arciniega González



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Principalmente a mi directora de tesis la Doctora Adriana Garay Arroyo por apoyarme, alentarme, enseñarme y guiarme en este proceso tan importante en mi vida académica y por proporcionarme todo lo necesario para elaborar este proyecto.

Al Maestro en Ciencias Gerardo Rodríguez Tapia por apoyarme en la elaboración de gráficos y orientarme en la elaboración de los mismos.

Al Doctor Julio Campo Alves por aconsejarme y ayudarme a definir el proyecto.

Al Biólogo Jorge Arturo Arciniega González por apoyarme en la elaboración de los resultados del proyecto y enseñarme en el proceso.

A mis asesores Oswaldo Valdes López, Ana María García Bores y María del Socorro Sanchez Correa por aceptar ser parte de la finalización de esta etapa en mi vida académica.

A Diana Belen Sanchez Rodríguez y al Dr. Gastón Contreras Jiménez por mantener en buen estado el laboratorio en el que elabore la gran mayoría de mi tesis así como a los proyectos: UNAM-DGAPA-PAPIIT (IN200920, IN206220, IN203220, and IN211721) y CONACyT 102959 y 102987. A la Facultad de Estudios Superiores Iztacala por darme todo lo necesario para realizar mis estudios universitarios, al Instituto de Ecología por darme todo lo necesario para finalizar mis estudios universitarios, a la Universidad Nacional Autónoma de México por proporcionarme todo lo necesario para seguir con mi vida académica, otorgarme las herramientas y el apoyo desde mi vida en el bachillerato hasta mi vida en la universidad.

Dedicatorias

A todos y cada uno de los que hicieron posible que llegaré hasta este punto a pesar de las dificultades, los retrasos, las complicaciones y una pandemia.

A mis padres por su esfuerzo, cariño, paciencia, por levantarse temprano todos los días para formarme como la persona que soy hoy. Por su curiosidad sobre mi carrera y por el apoyo en mi obsesión por lo que me apasiona. Los amo.

A mis hermanas, por las sonrisas, las preguntas y los aprendizajes, por compartir momentos hermosos conmigo. Quiero verlas crecer, aprender, caerse y levantarse, saben que siempre seré su chino.

A Mariana, no hay palabras para describir lo importante que eres, el levantarme y animarme cuando no podía, estar a mi lado y apoyarme para seguir adelante con todo lo que rodea mi vida, esto solo es el principio de todos los proyectos, metas y momentos en los que estaremos, ya sea kilómetros de distancia o tomando un café en tu casa. Te amo.

A Rocío y Kevin, tantos momentos juntos, tantas clases juntos, tantos aprendizajes, tantas risas, tantas discusiones, tanto cariño, no se que nos depara el futuro, pero espero verlos por siempre.

A mis amigos Osvaldo, China, Alan, Alexis, Samperio cada uno de ellos me ha apoyado increíblemente en mi proceso en la universidad y ha generado momentos inolvidables en mi vida.

A la maestra Alin, su apoyo en un momento crítico me ayudo bastante a creer en mí y seguir aprendiendo día a día lo que más me gusta.

ÍNDICE

1. Resumen.....	6
2. Introducción.....	6
2.1 <i>Arabidopsis thaliana</i> como modelo de estudio.....	6
2.2 Variación climática.....	7
2.3 Variación natural.....	8
2.4 Accesiones de invierno y verano.....	8
2.5 Bases genéticas de la vernalización como activador de la floración.....	10
2.6 Determinación de la estrategia de vida.....	11
2.7 Factores bióticos y abióticos.....	12
3. Hipótesis.....	13
4. Objetivos.....	13
4.1 Objetivo general.....	13
4.2 Objetivos particulares.....	13
5. Materiales y métodos.....	14
5.1 Elaboración de la base de datos.....	14
5.2 Límites de variables ambientales.....	15
5.3 Análisis de rango.....	15
5.4 Análisis de componentes principales.....	15
5.5 Matriz de covarianzas.....	16
5.6 Vectores propios y valores propios.....	16
5.7 Material de Cómputo.....	16
5.8. Dendograma de clasificación.....	17
6. Resultados.....	17
6.1 Capítulo 1.....	17
6.1.1 Curación de los datos de colecta de las diferentes accesiones de <i>Arabidopsis thaliana</i>	17
6.1.2 Comparación de las bases de datos.....	19
6.1.3 Distribución a nivel mundial de las diferentes accesiones de <i>Arabidopsis thaliana</i>	20
6.1.4 Factores climáticos.....	22
6.1.5 Altitud.....	24
6.1.6 Coordenadas geográficas.....	25

6.1.7 Longitud.....	26
6.1.8 Latitud.....	27
6.1.9 Temperatura.....	28
6.1.10 Temperatura máxima.....	29
6.1.11 Temperatura mínima.....	30
6.1.12 Precipitación.....	31
6.1.13 Potencial de Hidrógeno.....	32
6.1.14 Nitrógeno.....	34
6.1.15 Carbono.....	35
6.1.16 Arcilla.....	37
6.1.17 Radiación solar.....	38
6.1.18 Discusión.....	40
6.2 Capitulo 2.....	45
6.2.1 Análisis de Componentes Principales.....	45
6.2.2 Componente principal 1.....	46
6.2.3 Componente principal 2.....	46
6.2.4 Discusión.....	48
7. Conclusiones generales.....	52
8. Apéndice.....	53
9. Referencias.....	85

1. RESUMEN

Las plantas son organismos que responden plásticamente al ambiente en el cual crecen ya que ajustan su desarrollo durante todo su ciclo de vida. Esta plasticidad se lleva a cabo gracias a la presencia de meristemas y al balance que existe entre las tasas de proliferación y diferenciación celular, procesos interdependientes que están regidos por redes genéticas complejas que se regulan por factores bióticos y abióticos tanto externos como internos. Uno de los factores ambientales que más afecta el desarrollo de las plantas es la falta de agua o déficit hídrico que se puede generar por un aumento en los solutos del suelo, por falta de agua en el suelo o porque las temperaturas sean tan bajas que cambie la estructura de la misma y ya no se encuentre disponible. Las plantas presentan cambios morfológicos y fisiológicos a diferentes escalas temporales y espaciales en condiciones de déficit hídrico como son los cambios en los tiempos de floración, la diferencia en el crecimiento entre la parte aérea y la raíz, los cambios en los flujos de carbono, la disminución en la producción de semillas, la acumulación de metabolitos solubles, y la regulación transcripcional de los genes para contender con este tipo de estrés. Estudiar cómo son las estrategias de desarrollo de las plantas ante una variación ambiental es de vital importancia para entender los mecanismos de adaptación y evolución de las mismas.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. *Arabidopsis thaliana* como modelo de estudio.

Arabidopsis thaliana (de aquí en adelante *Arabidopsis*) es una planta modelo con una gran cantidad de poblaciones naturales distribuidas principalmente, en el hemisferio norte del mundo. Gracias a esta variación geográfica, podemos estudiar la interacción del ambiente, que es específico en cada coordenada geográfica en el que se encuentran las poblaciones, y relacionarlo con las estrategias de vida que han sido previamente identificadas. *Arabidopsis* es una planta herbácea de pequeño tamaño y ciclo de vida corto que se ha convertido en uno de los sistemas modelo más importantes para el estudio de biología molecular, genética y evolución del desarrollo en plantas. Su genoma es pequeño, cuenta con cerca de 27,000 genes que codifican para proteínas y que se encuentran en 5 cromosomas. Así mismo, se pueden mantener poblaciones estables ya que es una especie que se

autopoliniza y es un organismo bastante fácil de manejar en el laboratorio (Arabidopsis Genome Initiative 2000; Cheng et al. 2017). Arabidopsis tiene más de 7000 poblaciones naturales que se han adaptado a vivir bajo diferentes condiciones ambientales y en diversas combinaciones de estrés abiótico y biótico. De éstas 7000 poblaciones o accesiones, hay más de 1200 secuenciadas, lo que permite hacer estudios de GWAS (por sus siglas en inglés, Genome Wide Association Studies) en donde se hacen asociaciones de fenotipos con SNPs (por sus siglas en inglés, Single Nucleotide Polymorphism) para predecir nuevos genes que participan en el desarrollo de diferentes estructuras vegetales en condiciones óptimas de crecimiento o bajo condiciones de estrés. Por otro lado, se ha demostrado que la sobrevivencia y el desarrollo de esta planta se ve afectada por condiciones ambientales como son: la temperatura, la luz, la longitud de onda, la disponibilidad de agua, etc (Woodward & Bartel, 2018; Exposito-Alonso et al , 2018). Por todo lo anterior, Arabidopsis es una planta modelo para estudiar procesos ecológicos y de evolución del desarrollo.

2.2. Variación climática.

El clima o mejor dicho el patrón de factores ambientales que se presentan en un área por un período largo de tiempo. El clima puede cambiar con respecto a la temporalidad, ya sea por hora, por día, por mes o por temporada. Se integra de factores climáticos y componentes climáticos, como son los gradientes geográficos (altitud, latitud y longitud), la cobertura vegetal, el relieve. Cada región del planeta se rige por patrones climáticos estables durante al menos 30 años, a pesar de ello, dichos patrones se han visto modificados debido al cambio climático.

La NASA (por sus siglas en inglés National Administration of Space and Aeronautic) define al cambio climático como una variación en el clima habitual que se encuentra en un lugar. El cambio climático se puede observar en los cambios de precipitación a lo largo de un año o se podría percibir como el cambio en la temperatura promedio de una zona en particular durante un periodo de tiempo (mes o año). Sin embargo, no se restringe únicamente a una zona específica de la tierra sino que ocurre a nivel global y se puede observar en los fluctuantes cambios de temperatura del planeta así como en la desaparición de la nieve o de la lluvia en algunas zonas en donde antes solían ocurrir estos fenómenos. Es así cómo podemos diferenciar al "estado del tiempo" del "clima" ya que, el llamado estado del tiempo, puede variar

en tan sólo unas horas y el clima tardaba millones de años en cambiar. Sin embargo, y debido al cambio climático global, en los últimos 100 años la tierra se ha calentado cerca de 1° F y, aunque puede parecer poco este cambio, estos pequeños cambios en la temperatura de la tierra están desencadenando diversos eventos que están afectando el desarrollo de los seres vivos en el planeta. Una de las principales razones del cambio climático, es el incremento brutal de actividades antropogénicas en el planeta en los últimos 200 años (Richardson, 2011) que ha hecho que se liberen y aumenten gases de tipo invernadero, como lo es el dióxido de carbono (CO₂) de acuerdo con la WMO (por sus siglas en inglés World Meteorological Organization). Una gran cantidad de este tipo de gases se concentran tanto en las grandes ciudades como en diferentes ecosistemas, alterando así el ambiente en el cual se desarrollan las plantas y otros seres vivos.

2.3. Variación natural.

La adaptación al ambiente es un proceso no acabado que le ha llevado a todos los organismos miles de millones de años y que sigue funcionando ya que los mismos se siguen adaptando y evolucionando a los ambientes cambiantes a una escala evolutiva menor. Los organismos y en especial las especies vegetales han desarrollado estrategias para poder contender ante el entorno cambiante; dichas estrategias son el resultado de las mutaciones espontáneas que luego se seleccionan o se mantienen en la naturaleza por cualquier fenómeno evolutivo y esto depende del ambiente en el cual está desarrollándose el organismo y las interacciones bióticas que experimente (Exposito-Alonso, et al 2019).

2.4. Accesiones de invierno y verano.

Se le llama “accesión” a las poblaciones de Arabidopsis, dicho concepto se utilizó con fin de neutralizar las colecciones de la especie, dándoles un identificador que las distinga de las demás, a diferencia del término “ecotipo” que se refiere a que cada población presenta una distribución única y se encuentra adaptada a ambientes específicos. Para estudiar las poblaciones de Arabidopsis de manera práctica es mejor utilizar el termino accesión.

Las plantas han logrado colonizar una gran cantidad de ambientes y el estudio de las estrategias que se han utilizado para lograrlo, se ha vuelto un tema principal en los análisis ecológicos y evolutivos de Arabidopsis en los últimos años. Arabidopsis

es una de las pocas plantas que presentan un rango amplio de distribución, tanto longitudinal como latitudinalmente, gracias principalmente a su gran potencial adaptativo y a su increíble variabilidad genética (Montesinos-Navarro et al, 2011). De manera interesante, se ha podido correlacionar esta amplia distribución con las bases genéticas de diferentes procesos de desarrollo. Con respecto a la transición a la floración, se ha demostrado que existen dos estrategias principales de historia de vida en *Arabidopsis*: las accesiones de invierno o cicladoras lentas que pasan el invierno en forma de roseta, resisten estas condiciones climáticas de mucho frío en un estadio que no es de latencia como la semilla y florecen en primavera y las que pasan como semilla las condiciones climáticas del invierno y desarrollan la planta en primavera-verano llamadas cicladoras rápidas o accesiones de verano (Simpson & Dean, 2002, Shindo, et al, 2007). Hay varias diferencias entre estas dos estrategias de vida, una de ellas es el tiempo que tarda cada una en florecer y otra es que una de ellas pasa el invierno como plántula (las de invierno) mientras que la otra lo pasa como semilla (las de verano); ambas estrategias se mantienen por cambios a nivel fisiológico y genético (McKay et al., 2003 ; Juenger et al., 2013 ; Easlon et al., 2014; Shindo et al, 2007). Recientemente se describieron dos variantes de estas estrategias de vida incorporando los datos de germinación a los ya descritos anteriormente de floración. Estas nuevas variantes derivan de accesiones relictas españolas y se denominan: cicladoras rápidas mediterráneas y cicladoras de invierno facultativas. Las cuatro estrategias describen adaptaciones que le han permitido a *Arabidopsis* vivir en una gran cantidad de ambientes, incluyendo sitios con una baja disponibilidad de agua (Exposito-Alonso, et al, 2020). Olivas y colaboradores (2017) llevaron a cabo un estudio en donde vieron cómo se correlacionó el ciclo de vida de *Arabidopsis* con respecto a su capacidad de adaptación ante diferentes cambios ambientales tanto bióticos como abióticos. Usando 308 accesiones, determinaron experimentalmente la floración antes y después de un período largo de temperaturas bajas el cual es llamado vernalización. Estos autores clasificaron sus accesiones en plantas de invierno (aquellas que requieren vernalización para poder florecer) y de verano (aquellas que no requieren vernalización) y encontraron que las accesiones de invierno están más adaptadas a vivir en lugares con baja disponibilidad de agua que las de verano. Además, vieron que las accesiones de invierno tienen una mayor eficiencia del uso del agua medido por medio del aumento en la fijación de CO₂ (Easlon et al, 2014).

En condiciones naturales, las cicladoras rápidas o de verano suelen crecer en zonas más cálidas a diferencia de las cicladoras lentas o de invierno que suelen crecer en ambientes templados y fríos. Las bases genéticas de la transición a la floración se han estudiado ampliamente y se ha visto que participan, al menos, dos genes: *FRI* (*FRIGIDA*) y *FLC* (*FLOWERING LOCUS C*) (He et al, 2003).

2.5. Bases genéticas de la vernalización como activador de la floración.

El inicio de la floración es un proceso del desarrollo en plantas crucial para la reproducción y la producción de semillas. En 2002, Simpson & Dean, estudiaron la interacción entre dos genes que participan en la floración de *Arabidopsis* *FLC* (*FLOWERING LOCUS C*) y *FRI* (*FRIGIDA*). *FLC* es un represor de la floración y se ha encontrado una relación inversa entre sus niveles de mRNA y el tiempo de floración ya que reprime la expresión de dos activadores de la transición a la floración que son *FLOWERING LOCUS C* (*FT*) y *SUPPRESSOR OF OVEREXPRESSION OF CONSTANS 1* (*SOC1*) (Richter et al, 2019). Por otro lado, la proteína codificada por el gen *FRI*, incrementa su actividad cuando hay vernalización y promueve la producción de *VERNALIZATION INSENSITIVE 3* (*VIN3*) y, las proteínas codificadas por ambos genes, inhiben la transcripción de *FLC*. La adaptación a diversos climas y el ambiente cambiante a través de la historia de vida de *Arabidopsis* ha generado cambios en la interacción entre los genes *FLC* y *FRI* que han resultado en diversas estrategias de vida como son las que se describieron en el apartado de *Accesiones de invierno y verano*. Las accesiones típicas de invierno tienen los genes *FRI* y *FLC* completamente funcionales mientras que las cicladoras rápidas o accesiones de verano, tienen alguna clase de mutación que genera alelos nulos o débiles en ambos genes; por un lado *FRI* tiene alelos nulos, los cuales no se activan durante la vernalización, y por otro lado, *FLC* tiene alelos débiles que favorecen la floración temprana sin pasar por un período de vernalización. Por otro lado, las cicladoras lentas o anuales de invierno están entre los linajes más antiguos de *Arabidopsis* debido a la presencia de ambos genes funcionales; se hipotetiza que las cicladoras rápidas son producto de la dispersión a múltiples ambientes y la adaptación a dichos ambientes, algunos de los cuáles eran desfavorables, dio lugar a que se fijaran mutaciones en los genes que regulan los procesos de germinación y floración diferente a como lo hacen en las anuales de invierno (He et al, 2003).

2.6. Determinación de la estrategia de vida.

Debido a la dificultad de realizar los ensayos experimentales en campo por causa de la enorme colección de accesiones de Arabidopsis, resulta fundamental describir un procedimiento que nos permita predecir la tolerancia a vivir en sitios con baja disponibilidad de agua a través de ver las historias de vida con respecto al tiempo de floración (de verano o de invierno). Nosotros proponemos que, mediante el análisis de las variables ambientales presentes en los sitios de colecta y gracias a la información geográfica de los colectores, podemos determinar si las poblaciones van a ser de invierno o verano y, extrapolando los datos de Olivas et al (2017), si van a ser más tolerantes a vivir en ambientes con una baja disponibilidad de agua. Para poder lograr este objetivo, realizamos una búsqueda en la literatura de reportes en donde clasifican a las accesiones como de invierno o como de verano para identificar variables ambientales que determinen las estrategias de vida de Arabidopsis.

En 2010 Lewandowska-Sabat et al, describieron 27 accesiones de Arabidopsis recolectadas en latitudes altas y en altitudes entre los 2 y los 850 msnm. Dichas accesiones determinan el límite de la distribución de Arabidopsis al norte del planeta y, en este ambiente, predominan los climas fríos y la caída de nieve, características ambientales típicas de las accesiones de invierno o las llamadas cicladoras lentas. Por otro lado y, basándose en los resultados obtenidos por Martínez-Berdeja et al (2020), Exposito-Alonso en 2020 analizó 520 accesiones bajo los criterios de germinación y latencia y su correlación con 55 variables climáticas para dilucidar 4 estrategias de vida estacionales: cicladoras rápidas mediterráneas, cicladoras invernales facultativas, cicladoras de verano/primavera, y cicladoras invernales estrictas. Finalmente y como dijimos en la sección de *Accesiones de invierno y verano*, Olivas et al, 2017 clasificaron experimentalmente 385 accesiones en accesiones de invierno o de verano y esto dependía de si requerían vernalización o no para germinar. Dichos antecedentes nos permiten explorar de manera superficial las variables ambientales o mejor dicho, los factores ambientales (bióticos y abióticos) que expliquen de mejor manera las estrategias de vida en Arabidopsis, entre las más importantes podemos encontrar a los factores abióticos como las temperaturas o la altitud.

2.7. Factores bióticos y abióticos.

Las variables ambientales son determinantes en el crecimiento y desarrollo de las plantas y fundamentales para su sobrevivencia y, así como hay condiciones ambientales favorables, algunas también son limitantes y restringen la distribución de las plantas. Dentro de los factores ambientales que afectan el crecimiento de las plantas hay bióticos que se dan por la interacción indirecta o directa de otros organismos con la planta o abióticos en donde la interacción del organismo se da con los fenómenos físicos y químicos no vivos de su lugar de distribución. Para este proyecto se utilizaron exclusivamente factores abióticos tanto climáticos, geográficos como edáficos, que se consideran limitantes en la distribución de *Arabidopsis*.

Con estos datos en mente y gracias a la gran variación de ambientes en los cuales se desarrollan las poblaciones naturales de *Arabidopsis*, resulta muy interesante buscar poblaciones que estén adaptadas a diferentes condiciones analizando únicamente los parámetros ambientales de los sitios de colecta y ver si algunas características del ambiente en el cual se desarrollan estas poblaciones, correlacionan con la estrategia de vida de transición a la floración. Específicamente en este trabajo, nos enfocamos en encontrar parámetros ambientales que nos permitieran definir poblaciones de *Arabidopsis* que se hayan adaptado a vivir en ambientes con baja disponibilidad de agua. Para poder llevar a cabo este objetivo, se realizó una búsqueda de todas las accesiones que estuvieran secuenciadas y que contarán con información de los sitios de colecta.

La compleja regionalización de las accesiones de *Arabidopsis* nos podría ayudar a identificar la respuesta de los fenotipos a estímulos ambientales adversos como la baja disponibilidad de agua, la alta incidencia solar o la baja disponibilidad de nutrientes en los suelos

3. HIPÓTESIS

- Las accesiones de invierno van a vivir en lugares donde la disponibilidad de agua es baja.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

- Predecir, mediante el análisis de las estrategias de vida y métodos estadísticos, accesiones tolerantes al estrés hídrico utilizando la correlación entre las variables climáticas, edáficas y el patrón de distribución geográfica de las poblaciones de *Arabidopsis thaliana*.

4.2. Objetivos particulares

- Recopilar información acerca de las variables geográficas, edáficas y climáticas de los sitios de colecta de las accesiones de *Arabidopsis thaliana* utilizando diferentes bases de datos.
- Describir los rangos de temperatura, la precipitación, la altitud, la latitud, la longitud, la arcilla, la cantidad de carbono y nitrógeno en el suelo, el pH y la radiación solar en los cuáles crece *Arabidopsis thaliana* en condiciones naturales.
- Determinar los parámetros o variables que se asocian y permitan determinar la estrategia de vida en las poblaciones de *Arabidopsis thaliana* usando las accesiones descritas por Dávila-Olivas et al., 2017, como control positivo.
- Desarrollar un análisis estadístico basado en las variables climáticas y edáficas de las poblaciones de *Arabidopsis thaliana* para encontrar cómo se asocian éstas variables y si alguna de estas asociaciones nos permiten identificar una de las dos estrategias de vida y, así, determinar si son o no resistentes a un estrés hídrico.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. *Elaboración de la base de datos*

Los datos de las coordenadas geográficas de cada accesión de Arabidopsis se obtuvieron tanto de la página de los 1001 genomes (<http://www.1001genomes.org>) como de la página de TAIR (<https://www.arabidopsis.org/>). Debido a las incongruencias detectadas entre muchos de los datos de las coordenadas de colecta de diferentes accesiones entre estos dos sitios, se agruparon en un documento excel las coordenadas entre ambas bases de datos como se describe a continuación:

- 1) **Sin cambio**, para aquellas coordenadas de los sitios de colecta que no presentaban ningún cambio en su información entre ambas bases de datos.
- 2) **Poco cambio**, para aquellas coordenadas de los sitios de colecta que presentaban una diferencia mínima (de decimales o de minutos) entre cada base. Ejemplo: 1001 Accesión1: 90.560 y TAIR Accesión1: 90.520
- 3) **Mucho cambio**, para aquellas coordenadas de los sitios de colecta que presentaban una gran diferencia (cambio de unidades o de horas) entre cada base. Ejemplo: 1001 Accesion2: 90.560 y TAIR Accesion2: 87.460
- 4) **No hay datos**, para aquellas coordenadas que se encontraban contenidas en una base y en la otra no.

Para nuestros análisis posteriores, únicamente se ocuparon aquellas accesiones de los grupos en **Sin cambio** y **Poco cambio** ya que se consideraron como los datos más confiables para nuestro análisis debido a la mínima diferencia entre los datos de ambas bases de datos. En el grupo de **Poco cambio** se seleccionó la información contenida en “1001 genomes” ya que cuenta con todas las accesiones secuenciadas genéticamente.

Una vez que se hizo la curación de las coordenadas de los sitios de colecta de las diferentes accesiones, se obtuvo información de la temperatura (temperatura promedio, máxima y mínima), la precipitación (precipitación promedio anual), la cantidad de nitrógeno total, el carbono orgánico, el pH total, el contenido de arcillas, la radiación solar, la altitud, la longitud y la latitud de diferentes bases de datos como: Regridded Harmonized World Soil Database v1.2 y WorldClim.org, todos los datos extraídos pertenecen al año 2000. Para el caso de las variables edáficas (pH, Arcilla, Nitrógeno y Carbono) los datos corresponden al estrato superficial a 30 cm

de profundidad. Los datos obtenidos se encuentran en una hoja de Excel con la información de las variables ambientales descritas anteriormente (Apéndice 1). Por otro lado, se generó un mapa mundial y un mapa del continente europeo para observar la distribución de los sitios de colecta de las diferentes accesiones, se seleccionaron mapas del planeta tierra provenientes del sitio: Natural Earth con la mejor resolución posible (1:10m), posteriormente tanto las coordenadas como el mapa se cargaron en el software QGIS para poder crear el mapa (Figura 1).

5.2. Límites de variables ambientales

Los datos de la temperatura, la precipitación, la cantidad de nitrógeno total, el carbono orgánico, el pH total, el contenido de arcilla, la radiación solar, la altitud, la longitud y la latitud se analizaron mediante tablas de dispersión para definir los límites superiores e inferiores anuales de cada una de ellas e identificar los rangos de tolerancia que tienen las poblaciones naturales de Arabidopsis.

5.3. Análisis de rango.

Basándonos en la cantidad de datos obtenidos para las variables geográficas, climáticas y edáficas se realizó estadística descriptiva para la obtención de la media, la desviación estándar y el error estándar. Para obtener los rangos intercuartiles entre los cuales las poblaciones de Arabidopsis se encuentran, se analizaron los cuartiles de los datos, tomando en cuenta desde el 25% hasta el 75% de los datos como el rango óptimo ya que es el rango donde se concentran la gran mayoría de los datos. Para calcular los rangos y las frecuencias de las variables se siguió el método utilizado por Sturges donde: $K = 1 + 3.322 * \text{Log}_{10}(N)$. K = número de clases, N = número total de observaciones de la muestra, Log = logaritmo natural de base 10. Se utilizaron gráficas de violín para determinar las diferencias entre las accesiones de invierno y verano basándonos en los rangos de las variables con las 110 accesiones resultantes de la comparación entre la tabla generada en el laboratorio y la tabla de Dávila-Olivas et al, 2017.

5.4. Análisis de componentes principales.

Con los datos de las accesiones de Arabidopsis y los datos de las variables ambientales definidas, se realizó un análisis estadístico llamado "Análisis de componentes principales local". El PCA (siglas en inglés Principal Component

Analysis) definido por Hotelling en 1933 pero basado en las teorías de Pearson en 1901, está basado en la reducción de la dimensionalidad de un conjunto de datos usando fórmulas matemáticas de combinaciones lineales de la información original. Por ejemplo, dado un conjunto de datos n (individuos) con p variables (numéricas), se analiza si es posible reducir las variables a un número menor sin perder la mayor cantidad de información posible. Es decir, se trata de poder representar en una dimensión más pequeña que la original, variables que se encuentran correlacionadas entre sí. El primer paso al realizar un PCA es elaborar una matriz de covarianzas.

5.5. Matriz de covarianzas.

Una matriz de datos es una herramienta estadística utilizada para agrupar conjuntos de datos en un esquema de n dimensiones. Para el caso de las matrices de covarianza y para su uso en el análisis de componentes principales, se utiliza una matriz simétrica ($p \times p$) en donde p es el número de dimensiones o variables utilizadas en el esquema. La matriz fue construída para encontrar las relaciones que existen entre dos o más variables y poder identificar la correlación con las diferentes poblaciones de *Arabidopsis* estudiadas. Es decir, correlacionar los 582 juegos de coordenadas con las 11 variables para así poder definir poblaciones que comparten las mismas características. Uno de los datos importantes para comenzar a definir características poblacionales es la covarianza que existe entre una variable y otra de tal forma que, si el valor de covarianza es positivo, ambas variables estudiadas están correlacionadas (incrementan o decremantan juntos) y, si el valor es negativo (uno incrementa o decrementa mientras el otro decrementa o incrementa) significa una correlación inversa (Holland, 2019).

5.6. Vectores propios y valores propios.

Como resultado del cálculo de la covarianza, surge un vector propio que no es más que un eje con una dirección determinada por la varianza del cual se interpreta un componente.

5.7. Cómputo

Se utilizaron varios programas para analizar nuestras bases de datos. Se utilizó RStudio en su versión 4.1.2, librería de RStatics, QGis en su versión 3.22.7 y

Microsoft Excel versión 2206 además de bases de datos climáticos como WorldClim.com y DAAC de la NASA para la extracción de los datos de nuestra tabla (Tabla A1 y A2).

5.8. Dendrograma de clasificación

Se realizó una clasificación mediante la correlación de las 8 variables elegidas, para poder generar grupos de clases entre nuestras accesiones, se clasificaron utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis, la selección del número de clases se realizó visualmente seleccionando los grupos con mayor cantidad de accesiones.

6. RESULTADOS

Los resultados están divididos en dos capítulos, el primer capítulo está enfocado en el análisis de las variables ambientales, edáficas y geográficas y una discusión acerca de los rangos de distribución de *Arabidopsis*. En el segundo capítulo se analizó la correlación de las variables climáticas, edáficas y geográficas mediante un PCA para poder predecir qué accesiones son más tolerantes a condiciones de baja disponibilidad de agua a través del análisis de las estrategias de vida.

6.1. CAPÍTULO 1

6.1.1. Curación de los datos de colecta de las diferentes accesiones de *Arabidopsis thaliana*.

Utilizamos dos bases de datos de páginas de internet en donde se puede encontrar la información de las coordenadas geográficas de los sitios de colecta de las diferentes accesiones de *Arabidopsis*: TAIR y 1001 genomas. La que consideramos que tiene los datos más confiables de las coordenadas de los sitios de colecta, es la base de datos de TAIR ya que, por un lado, son datos que se encuentran en constante curación y, por otro lado, es una base de datos que además contiene información más detallada sobre el terreno y la localidad en donde fueron colectadas esas accesiones que nos pueden ayudar a describir mejor las estrategias de vida presentes en las poblaciones. Sin embargo, no todas las accesiones reportadas en TAIR se encuentran secuenciadas a diferencia de las

que se encuentran en la base de datos de 1001 genomes en donde únicamente están las accesiones que están secuenciadas. Por lo tanto, se usaron las coordenadas de los sitios de colecta de la base de datos de TAIR pero, hicimos un último filtro para sólo incluir aquellas accesiones que estuvieran secuenciadas ya que esto nos permite conocer a fondo los genes que participan en la adaptación y evolución de las poblaciones de Arabidopsis y como están relacionados estos genes con las estrategias de vida que desarrollan las plantas. Cabe resaltar que es muy importante que los datos de los sitios de colecta sean los reales ya que, comparando lo encontrado en las dos bases de datos que se están utilizando (TAIR y 1001 genomas), hay accesiones en donde se encontraron diferencias de grados entre las coordenadas que catalogamos como de “mucho cambio” en la Tabla 1. Por ejemplo, errores mayores a 1 grado significan errores mayores a 100 km en la georreferencia y, aún con errores menores a 1 grado, es importante conocer bien las coordenadas de colecta ya que éstos pocos decimales se traducen en distancias menores a 50 km. Por todo lo anterior, sin esta corrección sería imposible correlacionar las variables ambientales con las estrategias de vida de las diferentes accesiones. Comparando las dos bases de datos encontramos que, cerca del 50% de los datos analizados entre una base y otra no presentaron cambios con respecto a las coordenadas, el 34.83% presentó cambios de cerca de un grado entre una base y la otra. Además, el 15% de los registros correspondieron a accesiones en donde no hay un gran cambio entre las dos bases de datos o no se tienen los datos de las coordenadas de colecta por lo que estos últimos datos no fueron incluidos en el análisis. Por todo lo anterior, de los 712 registros analizados de sitios de colecta, se utilizarán únicamente 582 registros para los análisis posteriores (Tabla 1, Figura 1 y Tabla A1)

Tabla 1. Comparación entre base de datos, accesiones que presentan cambios.

Simbología	Registros	%
Sin cambio	351	49.2977528
Poco cambio	248	34.8314607
Mucho cambio	11	1.54494382
No hay datos	102	14.3258427
Total de registros	712	100

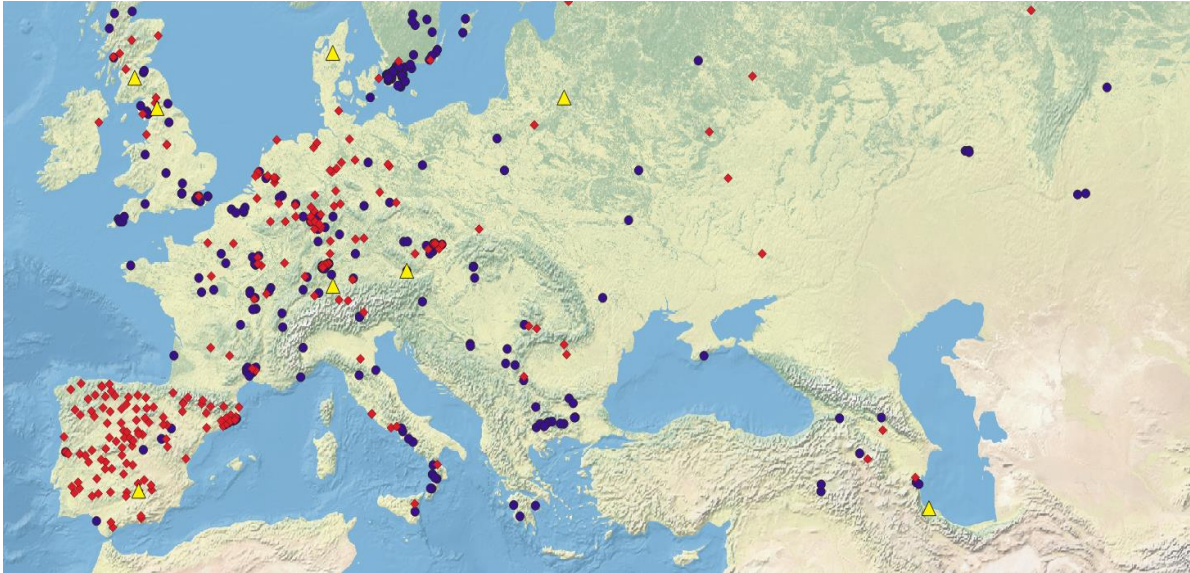


Figura 1. Accesiones del continente europeo con variaciones entre las dos bases de datos utilizadas. Las accesiones en azul no presentan cambio entre las coordenadas de colecta de las dos bases de datos utilizadas, las rojas presentan un cambio pequeño y las amarillas presentan un cambio considerable. Las que no se presentaban en alguna de las dos bases de datos utilizadas, fueron excluidas del mapa.

6.1.2. Comparación de base de datos.

La base de datos generada en esta tesis se comparó con una base de datos obtenida del artículo de Dávila-Olivas et al., (2017) con la finalidad de obtener el tipo de estrategia de tiempo de floración (invierno y verano) que está reportada experimentalmente para las accesiones con las cuáles estamos trabajando, lo cual redujo la cantidad total de accesiones de nuestra base en una quinta parte (Tabla A2). Comparamos las 582 accesiones con los datos de este artículo para encontrar aquellas en donde existía la información de la estrategia de vida con respecto al tiempo de floración. De las 110 accesiones que se comparten (ver Apéndice, Tabla A2), 23 son accesiones de invierno y 87 de verano por lo que seguimos trabajando con estas accesiones y, las restantes, no fueron tomadas en cuenta para los análisis posteriores (Figura 2).

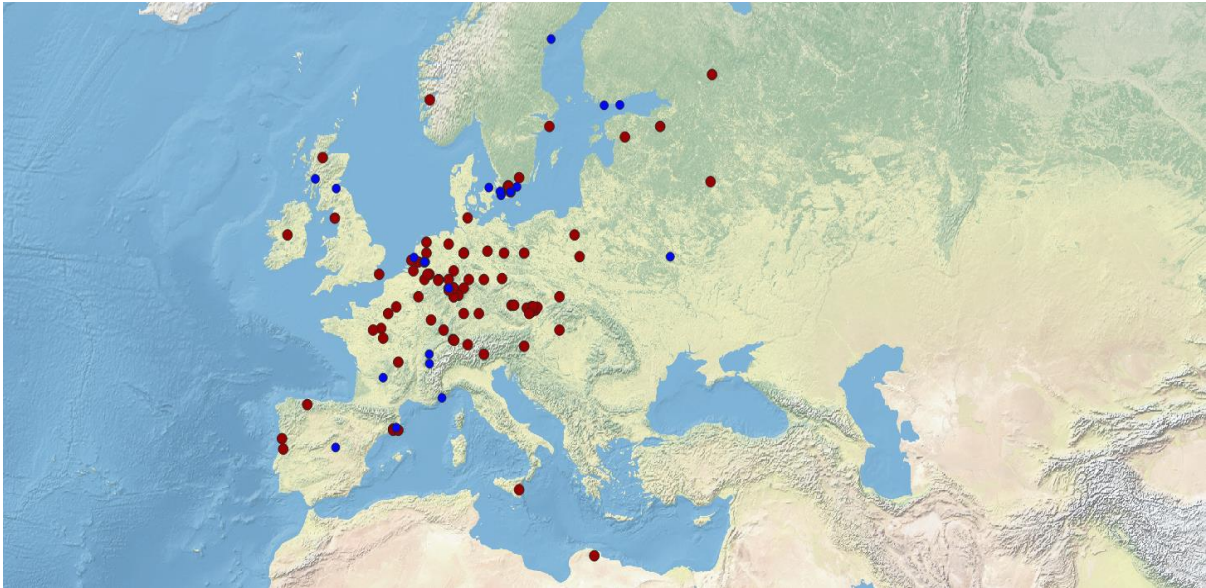


Figura 2. Representación de las accesiones Invierno (azules) y Verano (rojas) del continente europeo. Cómo se puede ver en el mapa, las accesiones de invierno (azules) se concentran más en latitudes al norte mientras que las de verano (rojas) se concentran en latitudes más al sur.

6.1.3. Distribución a nivel mundial de las diferentes accesiones de *Arabidopsis thaliana*.

Las coordenadas de los sitios ya curados se localizaron en una mapa para observar la distribución a nivel mundial de las accesiones de *Arabidopsis* con las cuáles trabajamos (Figura 3). Como ya estaba reportado (Al-Shehbaz, 2002, Hoffmann, 2002), hay predominancia de las accesiones de *Arabidopsis* en el hemisferio norte del planeta (Figura 3A y 3B) La razón por la cual las accesiones de *Arabidopsis* se encuentran preferencialmente en el continente europeo es porque su centro de distribución se encontraba ahí. Está reportado que, en la antigüedad, *Arabidopsis* se distribuía en las zonas de Europa central y oriental y que la expansión de esta planta por toda Europa se logró gracias al inicio de la agricultura en el continente. De manera natural, *Arabidopsis* se dispersa por la mecánica del viento y se transporta por el suelo ya que, al ser sus semillas tan pequeñas, suele ser transportada con facilidad posiblemente por la interacción del ser humano con los campos agrícolas (Wender *et al*, 2005; Schmid *et al*, 2006, François *et al*, 2008). Gracias a esta amplia distribución, principalmente en Eurasia y África recientemente en América del Norte, América del Sur, Japón, Australia y Nueva Zelanda (Yim *et al.*, 2022) se puede trabajar con poblaciones de *Arabidopsis* que se han adaptado a vivir en diferentes tipos de condiciones adversas (regiones con

mayor cantidad de arenas o limos, poca precipitación, temperaturas altas, poca retención de agua, etc).

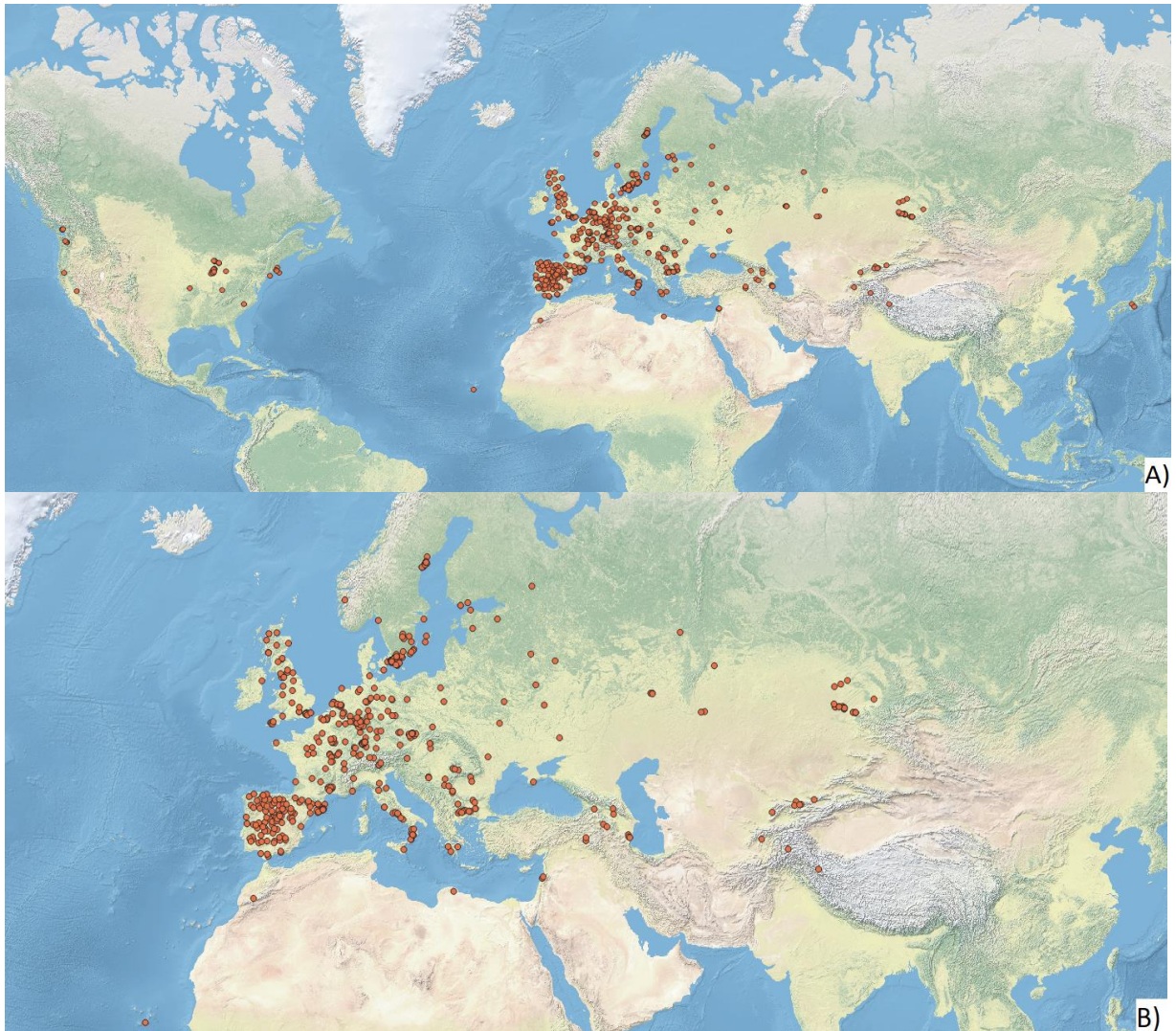


Figura 3. A) Distribución mundial de Arabidopsis, B) Distribución en Europa y Asia de Arabidopsis. En ambos mapas se muestran 582 accesiones como puntos naranjas en el mapa.

De manera interesante se ha visto que una gran cantidad de poblaciones de Arabidopsis se encuentran cerca o dentro de zonas agrícolas o urbanas, como en el caso de muchas poblaciones presentes en Alemania (Figura 4); la otra parte y en menor cantidad, se encuentran en zonas poco o nada perturbadas (1001 Genomes Consortium, 2016).



Figura 4. Vista satelital de dos accesiones presentes en manchas urbanas en Alemania (Li-7 y Or-0; imagen tomada de Google Earth).

Por otro lado, algunas de ellas crecen en las costas a pocos metros sobre el nivel del mar, como es el caso de las accesiones de la península ibérica (Busoms et al, 2015) mientras que hay otras que se encuentran en los alpes italianos que sobrepasan los 2000 metros sobre el nivel del mar (Günther *et al*, 2016). De cualquier manera, *Arabidopsis* se ha podido adaptar para crecer tanto en ambientes perturbados como no perturbados, y estas adaptaciones nos permiten encontrar genes que propician el crecimiento de un organismo a ciertas condiciones ambientales (Do Prado Wildner y M da Veiga, 1994).

6.1.4. Factores climáticos.

Los factores climáticos son aquellos que se mantienen estables a través del tiempo (> 30 años) o que cambian poco mientras que los componentes climáticos, cambian en un período corto de tiempo (< de 30 años). Entre estos últimos encontramos: la temperatura, la precipitación, la radiación solar, la humedad, la presión del aire, la evapotranspiración, la velocidad y dirección del viento y la condensación y cobertura de las nubes (Tabla 2; Freie Universität Berlin, 2022). Ya que se considera al clima como uno de los factores más importantes que determinan el

desarrollo de las plantas, debemos de tomar en cuenta a los factores edáficos ya que les otorgan a las plantas los nutrientes (carbono, nitrógeno, fósforo), la acidez y el soporte (Sollins, 1998). Para nuestro estudio seleccionamos variables las cuáles fueran sencillas de obtener los datos a través de bases de datos climáticas y edáficas, ya que la validez del dato depende de la resolución a la cual se realiza la medición de la variable, así como de la actualización de los mismos. Es por ello que se eligieron 5 variables climáticas: Altitud, Temperatura (Temperatura mínima y máxima), Precipitación y Radiación Solar; 2 variables geográficas: Longitud y Latitud y 4 variables edáficas : Nitrógeno total, pH Suelo, Carbono total y Porcentaje de Arcilla.

Tabla 2. Variables ambientales que se usaron para clasificar los diferentes sitios de colecta de las accesiones de invierno/verano de nuestras 110 accesiones y para el análisis de componentes principales con las 582 accesiones.

Variable	Unidades	Resolución
Altitud	msnm	1 km ²
Temperatura	Celsius	1 km ²
Precipitación	mm	1 km ²
Nitrógeno total superficial	g/m ²	50 km ²
pH Suelo 30 cm profundidad	-log (H)	1 km ²
Carbono total superficial	kg/m ²	50 km ²
Contenido de arcilla superficial	%de peso	50 km ²
Radiación solar	Kilojulios	50 km ²
Longitud	decimales	1km ²
Latitud	decimales	1km ²

6.1.5. **Altitud.**

La altitud es un factor determinante en el desarrollo y adaptación de los seres vivos y principalmente de las plantas ya que se ha documentado que la riqueza de diferentes taxa de plantas decrece conforme aumenta la altitud (Namgail et al., 2011). La temperatura y la presión atmosférica son dos variables ambientales que están estrechamente asociadas a los cambios de los metros sobre el nivel del mar, o altitud, mientras que hay otras variables ambientales que no se asocian tan directamente a la misma como son la humedad del aire, la radiación ultravioleta (UV) y la precipitación (Körner, 2007). Cómo se puede ver en la Figura 5 A y B, la mayoría de las diferentes accesiones de *Arabidopsis* crecen preferencialmente a altitudes menores a los 700 msnm aunque se encuentran algunas que llegan a crecer hasta los 3400 msnm, como las poblaciones presentes en el Himalaya. Este rango de distribución no es raro ya que las plantas anuales europeas se distribuyen desde los 0 msnm hasta los 2000 msnm (Hoffmann, 2002).

En nuestro estudio utilizamos 582 accesiones de *Arabidopsis* para observar los rangos altitudinales en los cuáles crecen éstas diferentes accesiones (Figura 5A y 5B). Además y para profundizar en los rangos de distribución de las accesiones en un gradiente altitudinal, se hizo una distribución de frecuencias utilizando los datos de las 582 accesiones (Tabla A3). De acuerdo con esta distribución (Figura 5C), las accesiones de *Arabidopsis* se distribuyen entre los 0 y los 5500 msnm y se puede ver que la gran mayoría de las mismas (el 80%; 468) viven entre los 0 y 548 msnm. El 12% (74) viven entre los 549-1099 msnm, el 6% (38) entre los 1100 msnm y los 2202 msnm y solo 2 accesiones (0.34%) se encuentran por arriba de los 2700 msnm (Ver Tabla A1). Este dato define los rangos de distribución en altitud de una especie tan utilizada como *Arabidopsis* (Figura 5C) que, curiosamente, no están reportados en la literatura. Adicionalmente y de manera interesante, encontramos que el promedio de las accesiones de invierno se distribuye en sitios que tienen una altitud más baja además de presentar un rango altitudinal más restringido con respecto a las de verano (Figura 5D). El rango de distribución altitudinal de todas las accesiones va desde los 0 msnm hasta los 1167 msnm siendo la accesión Ge-0 la que vive en sitios con mayor altitud (Figura 5D). Sin embargo, y al igual que lo que observamos cuando usamos todas las accesiones (582; Figura 5 A y B), la gran mayoría de las accesiones de *Arabidopsis* viven entre los 0 y los 600 msnm. Las accesiones que se salen de este rango y que viven por encima de los 750

msnm son: Alc-0 y Ge-0 que son accesiones de invierno y Sei-0 y Tscha-1 que son accesiones de verano.

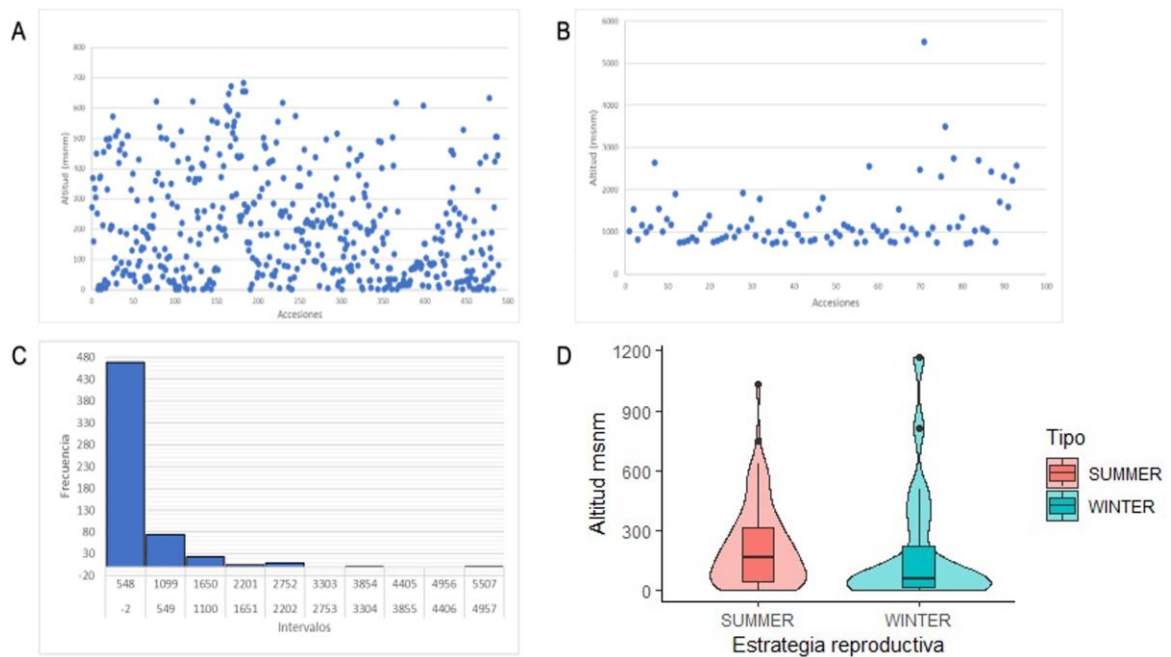


Figura 5. A) Altitud de los sitios de colecta de las 468 accesiones de *Arabidopsis* que viven entre los 0 y los 700 msnm. B) Altitud de los sitios de colecta de las 94 accesiones de *Arabidopsis* que viven arriba de los 700 msnm. C) Histograma de frecuencias de las poblaciones de *Arabidopsis* de acuerdo a la Ley de Sturges usando la altitud como parámetro. D) Distribución, utilizando una gráfica de violín, de las accesiones de invierno y verano (110) de acuerdo al parámetro de la altitud.

6.1.6. Coordenadas geográficas.

La medición del planeta está definida por líneas imaginarias que cruzan completamente a todo el globo terráqueo y hay dos que nos permiten poder localizar cualquier punto en el plano terrestre, la longitud y la latitud. La longitud y la latitud son coordenadas geográficas que hacen referencia a la distancia entre un punto cualquiera y el ecuador en el caso de la latitud y el “meridiano de Greenwich” en el caso de la longitud (Figura 6). Los valores de las coordenadas geográficas se expresan en grados, minutos y segundos acompañados de una letra que indica la orientación cardinal; en la latitud la tierra se divide en 180 mientras que, en la longitud, la tierra está dividida en 360 meridianos.

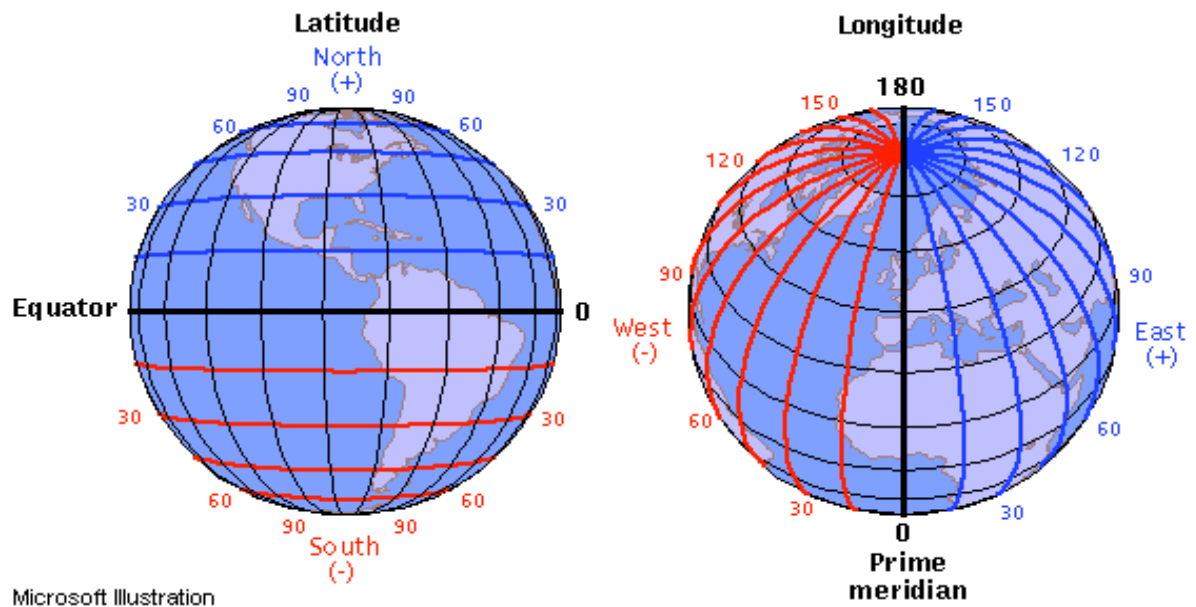


Figura 6. Latitud y longitud representada en un globo terráqueo; los valores de las coordenadas geográficas se expresan en grados, minutos y segundos acompañados de una letra que indica la orientación cardinal; en la latitud la tierra se divide en 180 mientras que, en la longitud, la tierra está dividida en 360 meridianos. Tomado de Illinois State University.

6.1.7. **Longitud.**

La posición de las poblaciones de *Arabidopsis* a lo largo del planeta está determinada por las condiciones ecológicas de cada región y a su vez dichas condiciones por la localización en el plano terrestre. Como era de esperarse, la gran mayoría de las accesiones se distribuyen entre los meridianos 0 hasta los +180 ya que *Arabidopsis* se distribuye de manera natural en la región este del planeta; es decir, en la región Euro-Asiática. Además, aquellas accesiones localizadas en América, principalmente en Estados Unidos, se encontrarán por debajo de los meridianos 0 y hasta los -180. Finalmente, también se encontraron algunas accesiones que superan el meridiano +100 y el -100 que podríamos interpretar como la distribución más lejana de la especie (Figura 7A).

Por otro lado, haciendo un análisis de frecuencias (Tabla A4), encontramos que el rango de distribución de las accesiones está entre el meridiano -16.20 y el 26.40; entre estos meridianos se encuentra la región de Europa occidental en donde se colectaron más del 81 % (475) del total de las accesiones (Figura 7B y Tabla A2). Las poblaciones que se encuentran por debajo de este rango; es decir, las que están entre los meridianos -60.80 y -125.21 son aquellas que se distribuyen en el continente americano, una distribución exótica para *Arabidopsis* ya que se

hipotetiza que estas poblaciones llegaron a esta región como resultado de la migración humana (Figura 6).

Finalmente, las accesiones de verano se desarrollan entre los meridianos -10 y hasta los 35 grados de longitud, a diferencia de las de invierno que crecen entre los -5 y los -30 grados y estos valores no son diferentes entre sí y muestran que tanto las accesiones de verano como las de invierno se desarrollan en prácticamente todas las longitudes del continente europeo (Figura 7C). Sin embargo y a pesar de que la media es muy similar, las accesiones de verano presentan un rango más amplio con respecto a las longitudes, que pueden ir desde los -10° hasta los 35°.

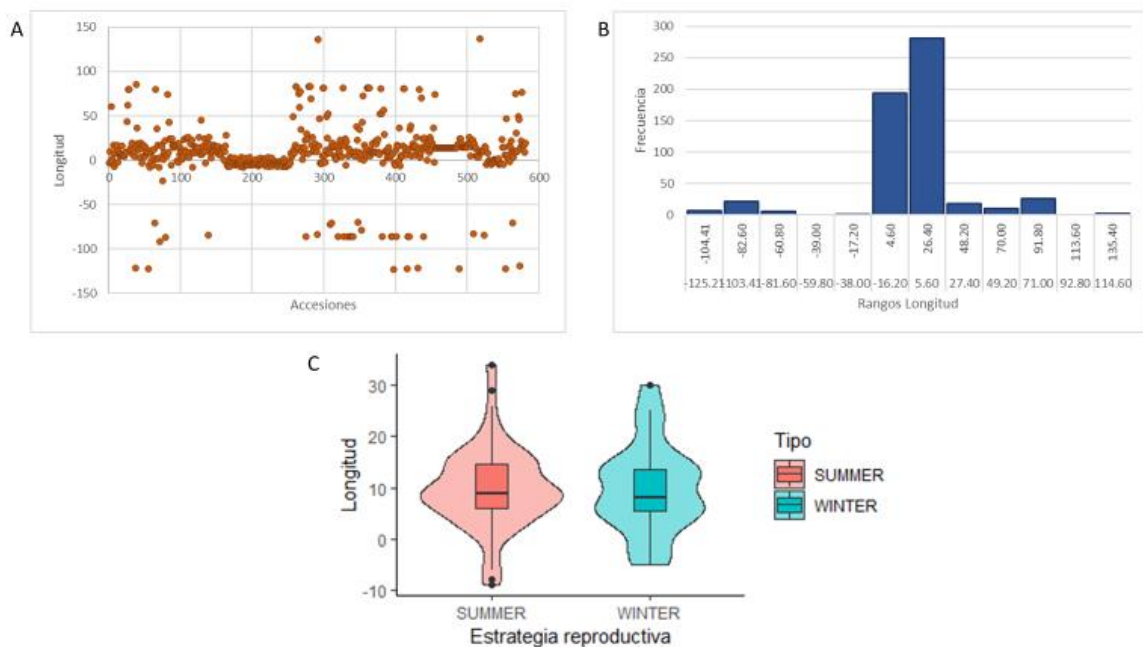


Figura 7. A) Longitud de los sitios de colecta de las 582 accesiones de *Arabidopsis*, B) Histograma de frecuencias de las poblaciones de *Arabidopsis* de acuerdo a la Ley de Sturges usando el parámetro de la longitud de las 582 accesiones de *Arabidopsis*. C) Distribución, utilizando una gráfica de violín, de las accesiones de invierno y verano (110) de acuerdo a la longitud.

6.1.8. **Latitud.**

Al igual que la longitud, la latitud es importante para determinar la distribución de las diferentes accesiones de *Arabidopsis*, ya que la temperatura aumenta conforme las latitudes se van acercando más a la línea imaginaria llamada “ecuador” y disminuye conforme se van alejando de ésta y acercando más a los polos. Conforme a lo esperado, la gran mayoría de las poblaciones se encontraron en el hemisferio norte del planeta y crecen en latitudes que van desde los 30 hasta los 60 grados que comprenden al continente europeo y asiático, regiones de donde

Arabidopsis es nativa (Figura 8A). El rango de latitud en el cual se desarrollan las accesiones es mucho más amplio que el de la longitud (Figuras 7A y 8A) y encontramos a las poblaciones de Arabidopsis desde latitudes en el rango de 37.82 hasta 57.41 (Figura 8B y Tabla A5). Estas latitudes que pertenecen al hemisferio norte del planeta abarcan gran parte de Europa teniendo como límite prácticamente el polo norte. Como se puede ver en la Figura 8C, las accesiones de invierno se localizan en latitudes más altas con respecto a las de verano mostrando una diferencia de 5° que, parecería poco, pero quiere decir que se distribuyen en latitudes completamente diferentes.

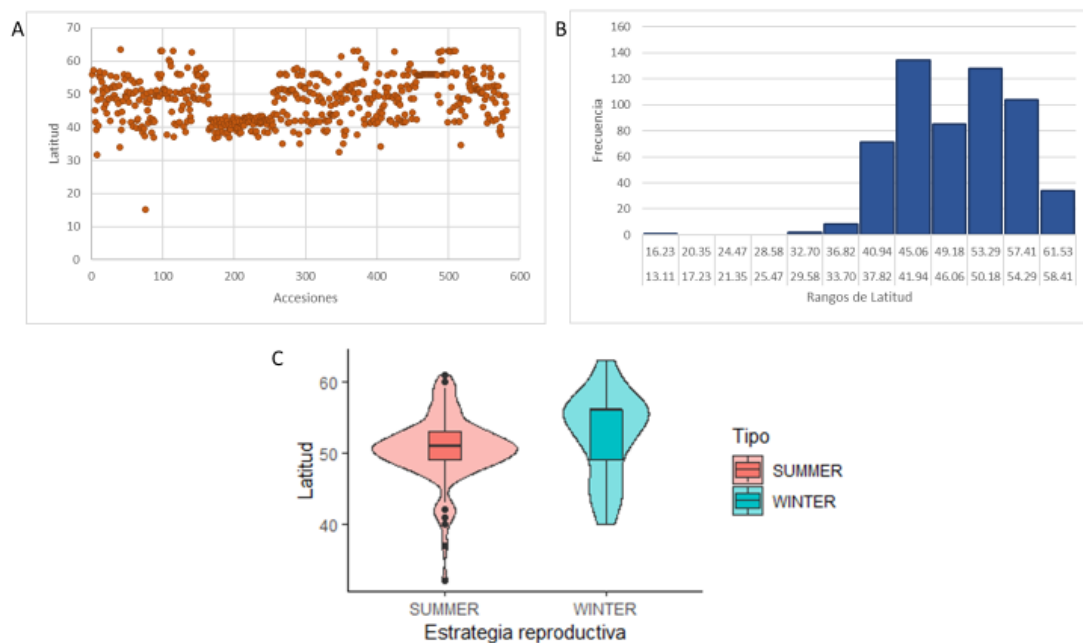


Figura 8. A) Latitud de los sitios de colecta de las 582 accesiones de Arabidopsis, B) Histograma de frecuencias de las poblaciones de Arabidopsis de acuerdo a la Ley de Sturges usando el parámetro de la latitud de las 582 accesiones de Arabidopsis. C) Distribución, utilizando una gráfica de violín, de las accesiones de invierno y verano (110) de acuerdo a la longitud.

6.1.9. Temperatura.

La temperatura es uno de los factores físicos primordiales para el desarrollo de los organismos, específicamente de las plantas y en Arabidopsis delimita los sitios de distribución restringiéndolos principalmente al hemisferio norte del planeta (Figura 3). De acuerdo con lo reportado y como se puede ver en la Figura 9, Arabidopsis principalmente crece en sitios con temperaturas que van desde los 0 grados hasta los 25 aunque hay algunas accesiones que se colectaron en sitios que tienen una temperatura mínima de -5 °C o una temperatura máxima de 31°C (Figura 9; Adams et al, 2016).

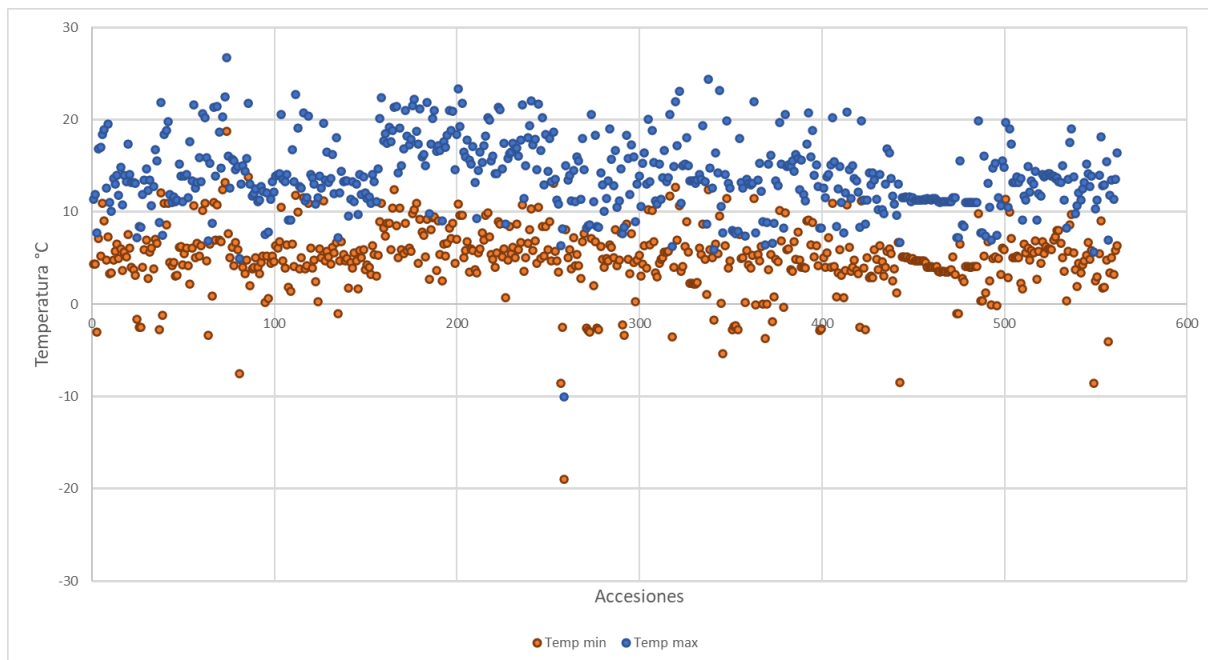


Figura 9. Temperatura mínima y máxima de los sitios de colecta de las 562 accesiones de *Arabidopsis*. En color naranja se muestran las temperaturas mínimas y en azul las temperaturas máximas. Todas las temperaturas utilizadas fueron las pertenecientes al año 2000.

6.1.10. Temperaturas de accesiones de invierno y verano.

La gran mayoría de las accesiones de invierno y de verano, se encuentran en el rango de temperatura de 2 a 8 °C, como se vio para todas las demás accesiones (Comparar Figuras 9, 10B y 11B). Además, resaltan dos accesiones de invierno que se encuentran por debajo de los 10 °C y 5 de verano que se encuentran por encima de los 10 °C.

6.1.11. Temperatura máxima.

De acuerdo con lo observado en la Figura 9, la gran mayoría de las accesiones toleran las temperaturas máximas anuales promedio entre los 5 y los 20°C, pocas son las que crecen por encima de los 30°C (Vile *et al*, 2011). En la Figura 10A podemos observar que el rango máximo de temperatura de *Arabidopsis*, en donde se encuentran alrededor de 200 accesiones, es de 13.34 a 15.52 °C, siguiéndole el de 10.16 a 12.34 °C y el de 16.52 a 18.70 °C (Tabla A6). Tomando en cuenta que los tres rangos concentran a más del 75% de las accesiones, se podría inferir que el rango de distribución natural de temperatura máxima anual para *Arabidopsis* es entre 10 y 19 °C. En cuanto a las accesiones de invierno y de verano podemos

ver que, utilizando el promedio anual de temperatura máxima, ambas estrategias de vida presentan una distribución de los datos muy similar, aunque el rango de las de verano es más amplio que el de las de invierno, que presenta valores entre 0° y 20° (Figura 10B). Cuando se usan los meses más calientes, de marzo a septiembre, se nota una leve diferencia entre ambas estrategias de vida, este cambio es de entre 2 a 3°C de acuerdo con la temperatura máxima (Figura 10C).

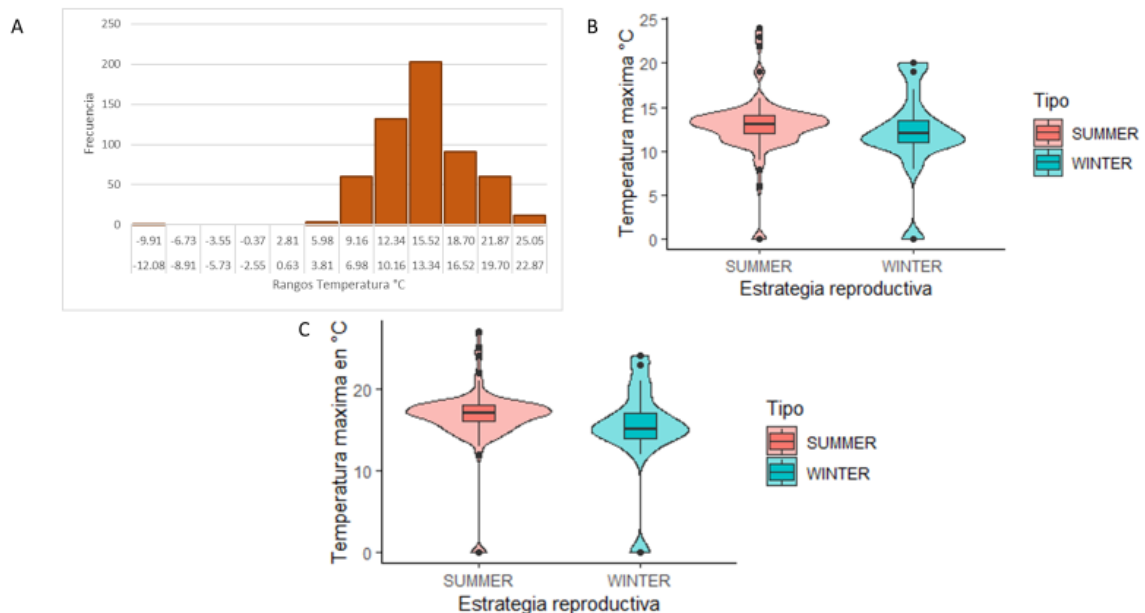


Figura 10. A) Histograma de frecuencias de las poblaciones de *Arabidopsis* de acuerdo a la Ley de Sturges usando el parámetro de la temperatura máxima de las 582 accesiones de *Arabidopsis*. B) Distribución, utilizando una gráfica de violín, de las accesiones de invierno y verano (110) de acuerdo a la temperatura máxima. C) Distribución, utilizando una gráfica de violín, de las accesiones de invierno y verano (110) de acuerdo a la temperatura máxima de los meses de marzo de septiembre.

6.1.12. Temperatura mínima.

Al igual que la temperatura máxima, las bajas temperaturas son esenciales para el desarrollo de *Arabidopsis*. Se sabe que las poblaciones de verano se mantienen en un estado de latencia (semilla) durante las temporadas frías, mientras que las de invierno se mantienen en forma de roseta durante esta temporada. De acuerdo con lo reportado, las plantas de *Arabidopsis* toleran una temperatura mínima de -8°C llegando hasta un máximo de -12°C, punto en el cual, algunas poblaciones se mueren (Wanner & Junttila, 1999). En nuestro trabajo encontramos que el rango de distribución de la temperatura mínima anual de *Arabidopsis* se encuentra entre los -5 y los 15 °C. Sin embargo, el rango en el cual crecen el 84% de las poblaciones de *Arabidopsis* va desde los 1.82 hasta los 10.59 °C por lo que proponemos que

éste es el rango de distribución natural para las poblaciones de Arabidopsis (Figura 11 A y Tabla A7). En cuanto a las accesiones de invierno y de verano podemos ver que ambas estrategias de vida presentan una distribución de los datos muy similar cuando se usa el promedio de la temperatura de todo el año; al igual que lo que vimos con los datos de la temperatura máxima, el rango de las de verano es más amplio que el de las de invierno, que presenta valores entre 0° y 15° (Figura 11B). En este caso vemos que, a pesar de acotar los datos de temperatura mínima a los meses más fríos de Otoño e Invierno, no encontramos diferencias entre las accesiones (Figura 11C).

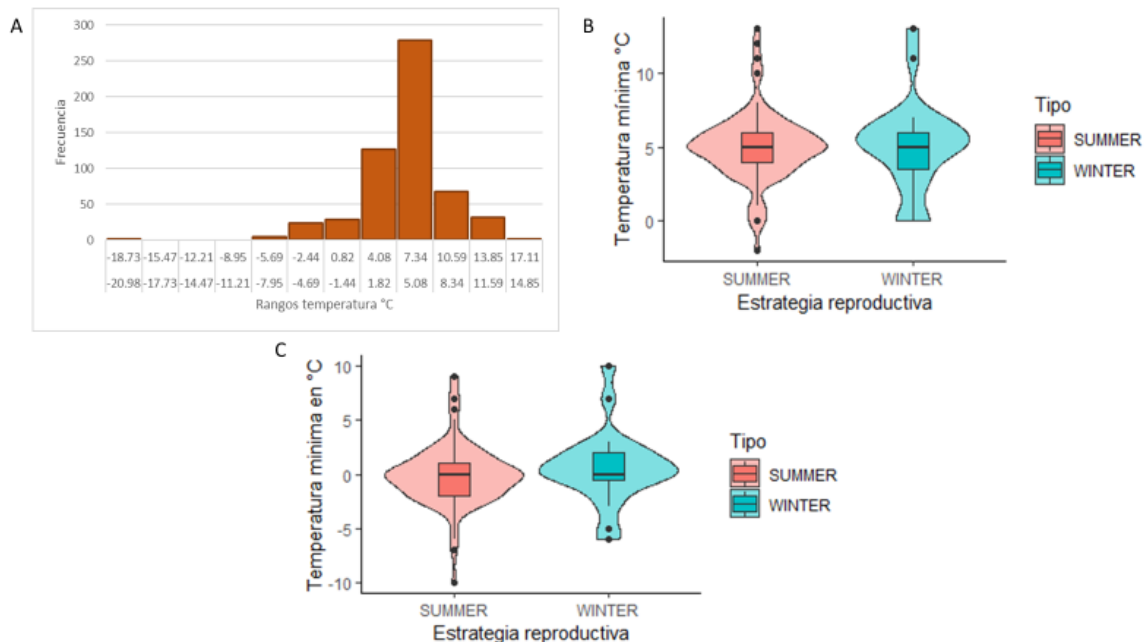


Figura 11. A) Histograma de frecuencias de las poblaciones de Arabidopsis de acuerdo a la Ley de Sturges usando el parámetro de la temperatura mínima de las 582 accesiones de Arabidopsis. B) Distribución, utilizando una gráfica de violín, de las accesiones de invierno y verano (110) de acuerdo a la temperatura mínima. C) Distribución utilizando una gráfica de violín de las accesiones de invierno y verano (110) de acuerdo a la temperatura mínima de los meses de octubre a febrero

6.1.13. Precipitación.

Otro de los factores importantes para el desarrollo de Arabidopsis, es la precipitación. A diferencia de la temperatura, existe un rango más amplio en relación con la región en donde se encuentre cada accesión. Como se puede ver en la Figura 12A, casi todas las accesiones de Arabidopsis crecen en regiones donde llueve por encima de los 3 mm promedio anuales y por debajo de los 200 mm promedio anuales.

Asimismo, hay 251 accesiones con una precipitación que se encuentra entre los 65.29 y los 80.36 mm a la cual le siguen los rangos de 49.22 a 64.29 mm y 81.36

a 96.44 mm con 108 y 104 accesiones respectivamente (Figura 12B y Tabla A8). Entre estos tres rangos se concentra el 81.65% de las accesiones, por lo tanto, podemos definir que entre los 49.22 y los 96.44 mm es la cantidad de precipitación anual que necesita *Arabidopsis* para poder desarrollarse de manera óptima (Figura 12A). Al igual que con los datos de longitud y de las temperaturas, no encontramos diferencias en los rangos de distribución de la precipitación cuando comparamos las accesiones previamente identificadas como de invierno y de verano (Figura 12C).

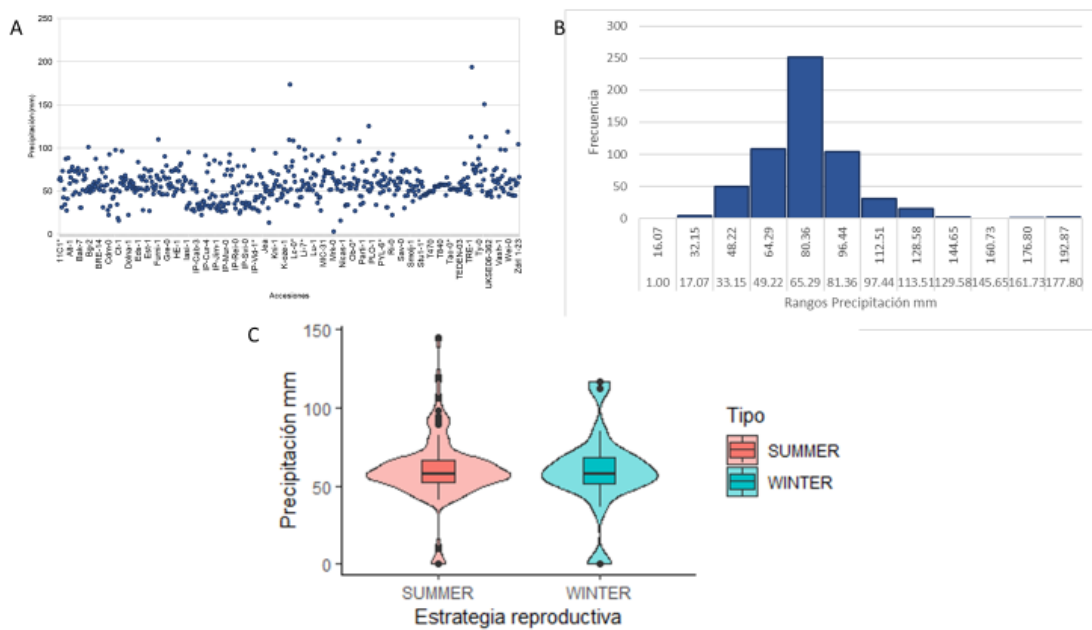


Figura 12. A) Precipitación anual de los sitios de colecta de las 582 accesiones de *Arabidopsis*, se notan los límites de distribución de la especie por arriba de los 3 mm anuales y por debajo de los 200 mm anuales. B) Histograma de frecuencias de las poblaciones de *Arabidopsis* de acuerdo a la Ley de Sturges usando el parámetro de la precipitación de las 582 accesiones de *Arabidopsis*. C) Distribución, utilizando una gráfica de violín, de las accesiones de invierno y verano (110) de acuerdo a su rango de precipitación.

6.1.14. Potencial de hidrógeno.

El potencial de hidrógeno o pH es uno de los factores más determinantes para la correcta absorción de nutrientes por parte de las raíces de las plantas. Generalmente, la correcta absorción de la gran mayoría de los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas ocurre entre un rango de pH de 5.5 y 7 (University of Vermont, 2022). Para esta variable se utilizaron 556 accesiones. Como se puede ver en la Figura 13A se omitieron 26 poblaciones

debido a la falta de datos o valores de 0, valores no considerables para la medición del potencial de hidrógeno (Tabla A9). El rango de pH que en el cual se distribuyen las 556 accesiones está en un rango amplio entre 4 y 8 (Figura 13A). Analizando las frecuencias notamos que el pH de las poblaciones ronda entre los 5.29 y los 7.44 de pH, siendo los rangos con mayor cantidad de accesiones el de 5.29 a 5.72 con 190 y el de 7.02 a 7.44 con 144. En los rangos con más registros de pH, es decir los de 5.29-5.72, 6.16-6.58 y 7.02-7.44 en conjunto representan el 78% de los datos, siendo esto un valor considerable para determinar al rango de 5.29 a 7.44 como el rango de distribución óptimo de pH disuelto en agua (Figura 13B y Tabla A9). En condiciones de laboratorio, el pH que se utiliza es el de 5.6, ya que a este pH se suelen absorber la gran mayoría de los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas mientras que, en los sitios de colecta de estas poblaciones, la gran mayoría crece en un pH considerado como ácido entre los 5.29 y los 5.72, dichos valores concuerdan con el valor utilizado en laboratorio y se considera como el rango natural óptimo de esta especie (Ferrarezi et al, 2022). De manera interesante notamos que el pH de las accesiones de invierno y verano presentan una clara diferencia entre ellas, las de verano crecen en sitios que tienen un pH que ronda los 5 y las de invierno en sitios con un pH que ronda los 6. Esta diferencia de un punto de pH puede significar un cambio importante en la absorción de nutrientes por parte de las diferentes accesiones que se han clasificado como de verano y como de invierno (Figura 13C).

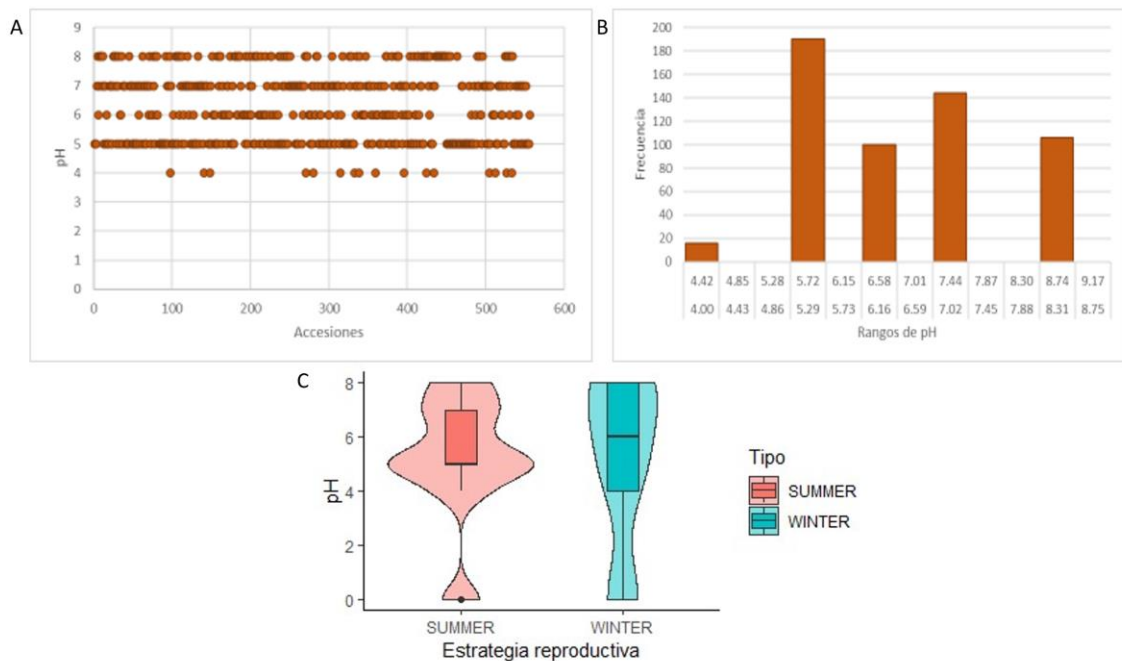


Figura 13. A) Rango de pH superficial disuelto en agua de los sitios de colecta de las 582 accesiones de Arabidopsis, B) Histograma de frecuencias de las poblaciones de Arabidopsis de acuerdo a la Ley de Sturges usando el parámetro del pH de las 582 accesiones de Arabidopsis. C) Distribución, utilizando una gráfica de violín, de las accesiones de invierno y verano (110) de acuerdo al rango de pH.

6.1.15. Nitrógeno.

El Nitrógeno es uno de los principales nutrientes que las plantas necesitan para su correcto desarrollo ya que es fundamental en la formación de aminoácidos, la interacción con microorganismos y un componente fundamental del suelo en donde se encuentra en concentraciones entre 1 y 5 mM (Prinsi et al, 2021). Para nuestro proyecto se analizó el Nitrógeno Total; es decir, todas las formas tanto inorgánicas como orgánicas que se encuentran concentradas a 30 cm del suelo desde la superficie. Se analizaron 563 accesiones de Arabidopsis ya que 19 accesiones se descartaron debido a la falta de datos o valores de 0, se observa el rango de Nitrógeno a 30 cm de profundidad del suelo, entre 1 y 1.6 Kg/m², seis accesiones se encuentran por debajo del rango y doce accesiones se encuentran por encima del rango, es decir que 18 accesiones están por fuera del rango observado y que podrían ser objetos de estudio sobre la absorción correcta de nutrientes (Figura 14A). Dentro de dicho rango, se observan las frecuencias obtenidas y los rangos en los cuales se presentan una mayor cantidad de poblaciones de Arabidopsis siendo el rango de 1.63 a 1.82 el que tiene la mayor presencia de accesiones con 263, siguiéndole el de 1.44 a 1.62 con 207 y el de 1.24 a 1.43 con 77 entre estos

tres rangos se tiene el 97% de los datos, siendo el rango entre 1.24 a 1.82 el rango óptimo de nitrógeno en las poblaciones de Arabidopsis analizadas (Figura 14B y Tabla A10).

No encontramos diferencias entre las accesiones de invierno y verano con respecto a los valores de nitrógeno en el suelo, ya que los datos muestran que la media y los rangos son muy similares en las accesiones que se han clasificado ambas estrategias. Sin embargo, la distribución de las de verano presentan una gran cantidad de accesiones que se encuentran entre 0.5 y 1.5 Kg/m² de Nitrógeno superficial, en contraste con las de invierno que presentan una distribución más uniforme (Figura 14C).

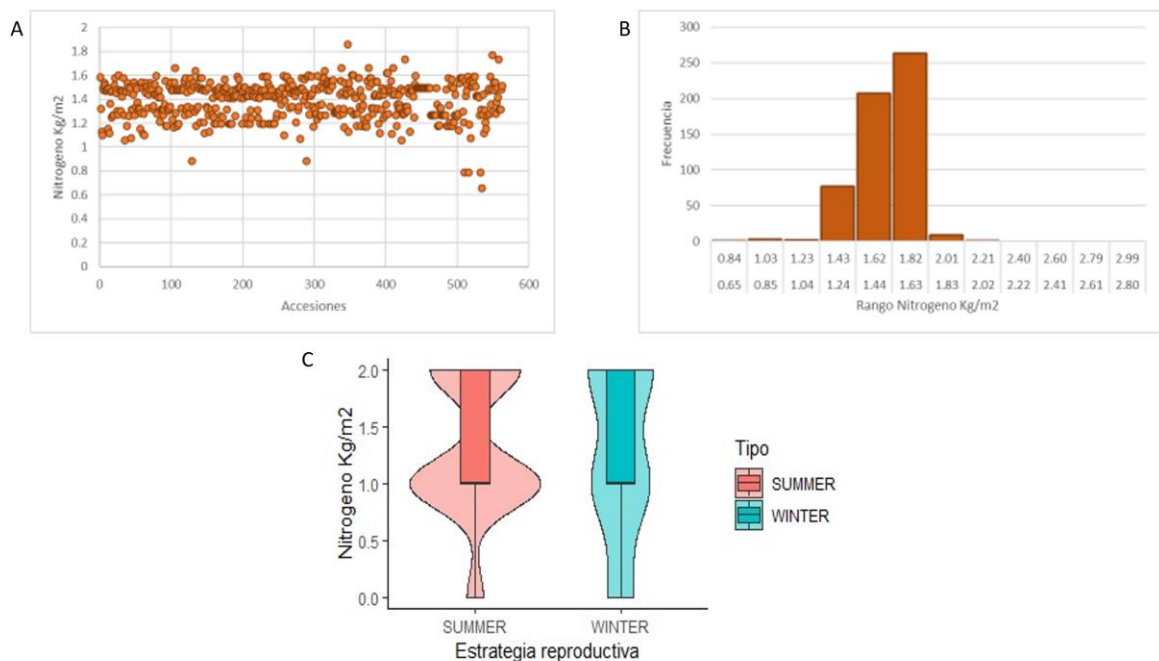


Figura 14. A) Rango de Nitrógeno absoluto a 30 cm de profundidad de los sitios de colecta de las 582 accesiones de Arabidopsis, B) Histograma de frecuencias de las poblaciones de Arabidopsis de acuerdo a la Ley de Sturges usando el parámetro de nitrógeno absoluto de las 582 accesiones de Arabidopsis. C) Distribución, utilizando una gráfica de violín, de las accesiones de invierno y verano (110) de acuerdo al rango de nitrógeno absoluto.

6.1.16. Carbono.

Otro de los elementos fundamentales para el desarrollo y crecimiento de las plantas, es el carbono ya que es el elemento más importante para la formación de los tejidos, membranas, paredes celulares, azúcares, proteínas y carbohidratos. En nuestro caso, analizamos la cantidad de carbono presente en 30 cm de profundidad en 558 accesiones de Arabidopsis, se omitieron 24 accesiones por la falta de datos

(Tabla A11). Como se puede ver en la Figura 15A, las accesiones crecen en el rango de carbono entre 5 y 20 teniendo una cantidad significativa por encima de 20 y hasta 55 de carbono, el nutriente se mide en kilogramos por metro cuadrado a 30 cm de profundidad del suelo. Los rangos con más accesiones presentes son los que comprenden de 11.03 a 14.37 con 222 poblaciones, le siguen los rangos entre 15.37 a 18.72 con 127 y el de 6.68 a 10.03 con 94, siendo el más representativo el de 11.03 a 14.37, entre estos tres rangos se representa el 79% de los datos, demostrando que entre 6.68 y 18.72 se encuentra el rango óptimo de carbono para las poblaciones de Arabidopsis (Figura 15B y Tabla A11)

En cuanto a las accesiones de invierno y verano, notamos una diferencia entre la concentración de carbono superficial entre ambas estrategias, mientras que las de verano tienen un rango más amplio y una media de 13 de carbono, las de invierno presentan un rango más restringido y una media de 11, dicha diferencia y rango puede junto con los valores de pH ser significativos para las estrategias de vida en accesiones de Arabidopsis por la absorción (Figura 15C).

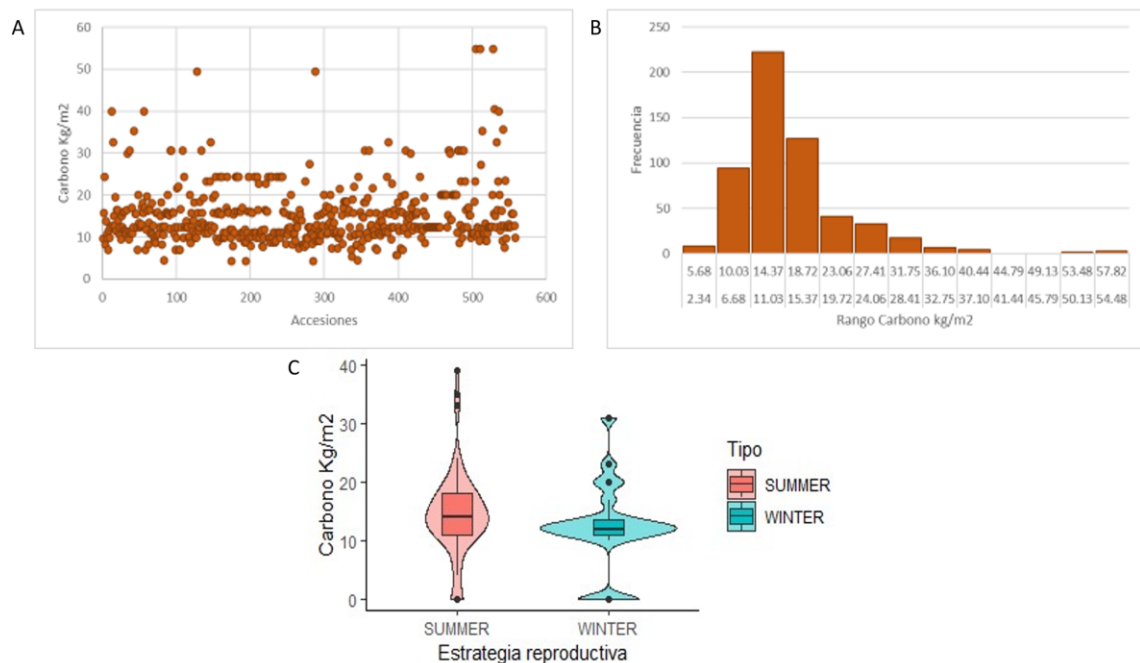


Figura 15. A) Rango de la cantidad de carbono absoluto a 30 cm de profundidad de los sitios de colecta de las 582 accesiones de Arabidopsis, B) Histograma de frecuencias de las poblaciones de Arabidopsis de acuerdo a la Ley de Sturges usando el parámetro de carbono absoluto de las 582 accesiones de Arabidopsis. C) Distribución, utilizando una gráfica de violín, de las accesiones de invierno y verano (110) de acuerdo al rango de carbono absoluto.

6.1.17. **Arcilla.**

El suelo es una parte fundamental en el desarrollo de las raíces, ya que ahí es donde se procesan todos los elementos esenciales para el crecimiento de las plantas. La interacción planta/sustrato es esencial para el mantenimiento de los suelos y auxiliar para prevenir la erosión. Debido a lo anterior, utilizamos a la arcilla como una de las variables importantes en el crecimiento de *Arabidopsis* e importante al momento de predecir la estrategia de vida de esta planta. En la Figura 16A, podemos observar que el rango de arcillas donde se encuentran la gran mayoría de las accesiones es entre 20% y 25% de arcillas totales, aunque hay algunas accesiones que superan el 40% de arcilla y otras que crecen por debajo del 10%. Para la arcilla, utilizamos 555 accesiones de *Arabidopsis*, 27 accesiones fueron sacadas del análisis por falta de datos (Tabla A12), más de la mitad de las poblaciones crecen entre 24.34 y 27.81 % de arcillas, que significa el 57% de los datos, es decir 318 accesiones de *Arabidopsis*, el resto se distribuye entre 6.47 y 23.34 % sumado al rango con la mayoría de los datos se representa el 91% de los mismos, aunque, no representa el rango óptimo de arcillas para *Arabidopsis*, así que se ha decidido tomar al rango de 24.34 a 27.81% como en ideal para el desarrollo de las poblaciones (Figura 16B y Tabla A12).

En cuanto a las accesiones de invierno y verano, vemos un claro patrón de que las accesiones tanto de verano como de invierno prefieren los suelos con porcentajes que tienen entre 20 y 25% de arcilla. Sin embargo, las de verano tienen menos accesiones en porcentajes de 0 a 10% y muy pocas entre 30 y 60% mientras que las de invierno tienen la misma cantidad de accesiones en rango de 20-25% que de 0-10% aunque si presentan menos en rangos de 30 a 60%. Como se puede ver en la Figura 16C, no se identifica un patrón claro para que la arcilla sea una variable determinante en la decisión de la estrategia de vida por parte de las diferentes accesiones de *Arabidopsis*. (Figura 16C).

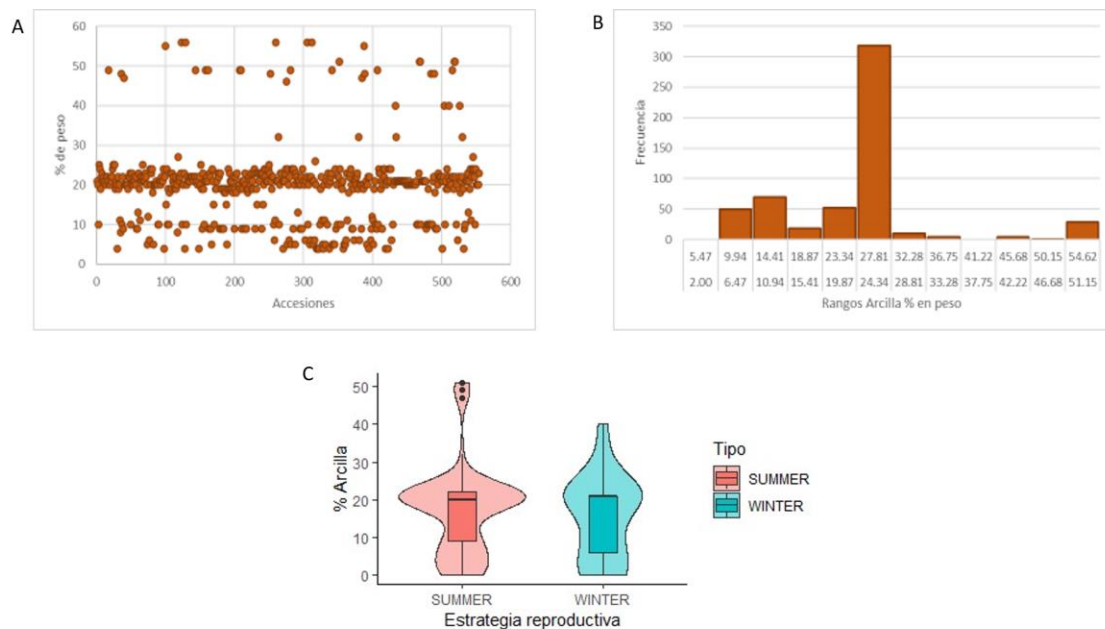


Figura 16. A) Rango del porcentaje de arcilla contenido en el suelo de los sitios de colecta de las 582 accesiones de *Arabidopsis*, B) Histograma de frecuencias de las poblaciones de *Arabidopsis* de acuerdo a la Ley de Sturges usando el parámetro del porcentaje de arcilla contenido en el suelo de las 582 accesiones de *Arabidopsis*. C) Distribución, utilizando una gráfica de violín, de las accesiones de invierno y verano (110) de acuerdo al porcentaje de arcilla contenido en el suelo.

6.1.18. Radiación solar.

Al igual que la precipitación y la temperatura, la radiación solar es una de las principales variables vitales para el desarrollo de las plantas ya que es esencial para que se pueda llevar a cabo la fotosíntesis. La importancia con respecto a que tanto o que poco la radiación solar es buena para una planta, depende del gradiente altitudinal en el cual se localice, del clima en el cual se desarrollen y de las adaptaciones que tengan los organismos para soportar grandes cantidades de luz o “radiación” (Botto, 2015). Se conoce como radiación solar a los rayos solares que están compuestos por luz ultravioleta (UV-A y UV-B), luz visible y luz infrarroja (Coffey & Jansen, 2019). Como se puede ver en la Figura 36, el rango promedio entre el cual se encuentra *Arabidopsis* es entre 50 y 200 Kilojulios por cada metro cuadrado, con algunos picos entre 100 y 150 y entre 130 y 170 Kilojulios, se analizaron 581 accesiones de *Arabidopsis* para el análisis de radiación solar, omitiendo una accesión por falta de datos (Figura 17A). La distribución de frecuencias acerca de las accesiones con respecto a la radiación solar parece que presenta un rango más amplio en el cual las plantas de *Arabidopsis* se desarrollan, entre 88.32 y 165.79 Kilojulios/m², este rango representa el 95% de los datos, podríamos definir a este rango como el ideal para el desarrollo de las plantas de

Arabidopsis, aunque podemos delimitar un poco más el rango, escogiendo los rangos con mayor cantidad de datos, es decir, el rango entre 101.39 y 126.55 Kilojulios, que representan el 48% de los datos, entre ambos rangos, cerca de la mitad de los datos, dicho rango se puede escoger como el ideal para el desarrollo de Arabidopsis (Figura 17B y Tabla A1). En cuanto a las estrategias de vida de Arabidopsis, no hay cambios entre las clasificadas como de verano y como de invierno ya que la gran mayoría de las accesiones crecen en sitios en donde la radiación solar se encuentra entre los 70 y los 150 Kilojulios/m² (Figura 17C).

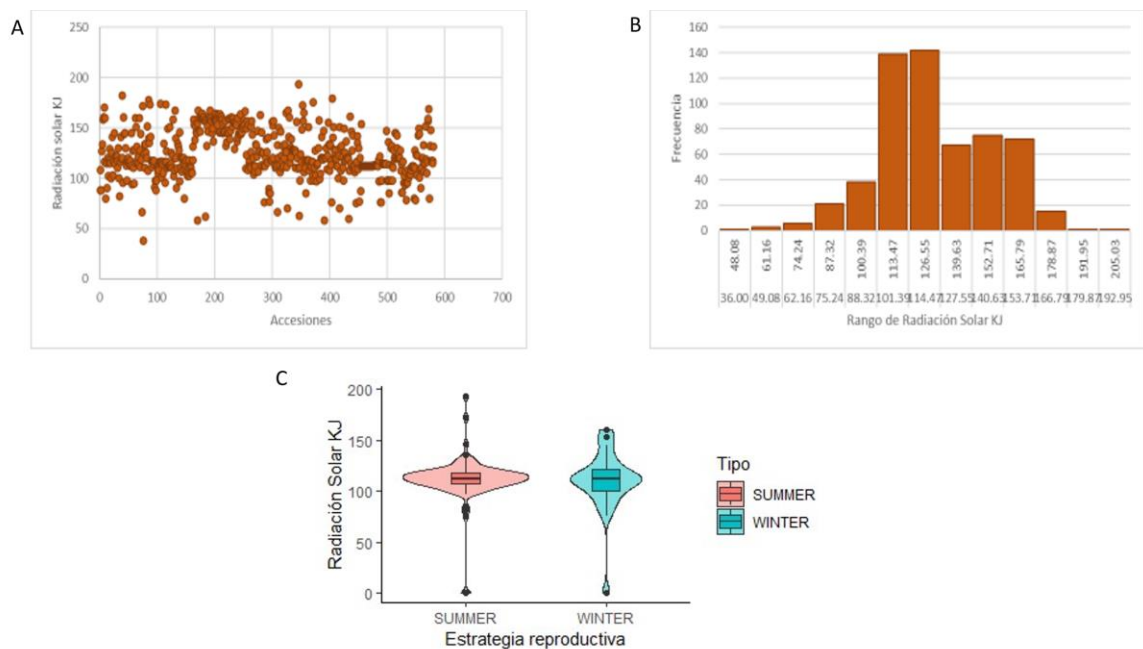


Figura 17. A) Rango de la radiación solar medido en Kilojulios de los sitios de colecta de las 582 accesiones de Arabidopsis, B) Histograma de frecuencias de las poblaciones de Arabidopsis de acuerdo a la Ley de Sturges usando el parámetro del porcentaje de radiación solar medido en Kilojulios contenido en el suelo de las 582 accesiones de Arabidopsis. C) Distribución, utilizando una gráfica de violín, de las accesiones de invierno y verano (110) de acuerdo a la radiación solar medido en Kilojulios.

6.1.19. DISCUSIÓN

El nicho ecológico o el rango de distribución de *Arabidopsis*, se puede inferir de la distribución actual de la especie en el mundo y, con los datos de las coordenadas de las colectas de las diferentes accesiones, podemos tener los datos climáticos, geográficos y edáficos en los cuáles se desarrolla la misma. Conocer estos rangos de distribución es importante ya que se ha demostrado que las plantas se desarrollan mejor en los sitios de origen (Leimu and Fisher, 2001) y, específicamente en experimentos de trasplantes recíprocos con dos accesiones de *Arabidopsis*, cada una de ellas tuvo una mayor adecuación en el lugar de colecta (Agren and Schemske, 2012).

En este trabajo, logramos definir los límites de distribución de *Arabidopsis* para 10 variables ambientales: 5 climáticas, 2 geográficas y 3 edáficas; en la Tabla 3 se pueden ver los rangos de distribución de *Arabidopsis* para cada una de estas variables. Asimismo, encontramos que las medias y la distribución de los datos de cuatro variables: la Altitud, la Latitud, el pH y el carbono es diferente entre las accesiones de verano y las de invierno. La Altitud es la variable climática que presenta valores más prometedores para poder utilizarlos como una posible variable de predicción para encontrar accesiones de invierno y de verano utilizando únicamente las coordenadas de los sitios de colecta. Como se ve en la Figura 5D las accesiones de invierno se desarrollan en altitudes bajas y se pueden encontrar en un rango entre los 0 y los 150 msnm mientras que las de verano tienen una distribución mayor y las encontramos desde los 0 hasta los 600 msnm. Se ha demostrado que las altitudes más bajas están relacionadas con una menor precipitación y temperaturas templadas en la temporada invernal y más precipitaciones y temperaturas altas en primavera al menos para las zonas de distribución natural de *Arabidopsis* que es en la región Euro-Asiática (Montesinos-Navarro et al, 2010) (Figura 3B) Además, se ha visto que la altitud le confiere a las diferentes poblaciones de *Arabidopsis* rasgos fenotípicos distintos entre sí como son el número de hojas de la roseta, el tamaño de la planta y la cantidad de vainas que presentan (Luo et al, 2015, Roy & Singh, 2017) Otro estudio encuentra correlación de diferentes accesiones de *Arabidopsis* entre la altitud y la tolerancia al congelamiento y a la respuesta a UV (Günther et al., 2016). Finalmente, Lewandowska-Sabat y colaboradores (2017) reportan un gradiente altitudinal claro (2-850 msnm) en donde, aquellas poblaciones que provenían de altitudes bajas,

tenían una mayor sensibilidad al fotoperíodo que aquellas que provenían de lugares de mayor altitud. Por ello, es que la altitud es considerada como una de las variables más determinantes en cuanto a las estrategias de vida presentes en *Arabidopsis*, debido a su interacción directa e indirecta con otras variables ambientales.

Por otro lado, en este trabajo y con las accesiones empleadas, no encontramos diferencias en los sitios de colecta de las accesiones, ni para la precipitación ni para la temperatura; esta falta de predicción podría deberse a dos cosas: 1) a que se analizaron pocas poblaciones de *Arabidopsis* o 2) a que se tomaron rangos anuales de las variables y se podrían acotar estos rangos únicamente para determinados meses del año. Debido a que se ha demostrado que las accesiones de invierno son más tolerantes a las temperaturas más frías y las accesiones de verano son más tolerantes a las temperaturas más cálidas, decidimos hacer un análisis extra con esta variable tomando, para la temperatura mínima, los datos de los meses más fríos, de octubre a febrero y, para la temperatura máxima, los datos de las temperaturas más altas, de marzo a septiembre (Agren and Schemske, 2012; Yim et al, 2022). Encontramos que hay diferencias en las medias y en la distribución de los datos de las accesiones de verano y las de invierno en la temperatura máxima siendo ésta, la segunda variable que podríamos utilizar para la predicción de las estrategias de vida en *Arabidopsis*. Finalmente, la última variable geográfica que utilizamos fue la radiación solar en donde no encontramos diferencias entre las accesiones de verano y de invierno.

Por otro lado, la única variable geográfica en la cual se observó un patrón interesante en cuanto a las accesiones de invierno y verano, es la latitud y vimos que las accesiones de verano se encuentran en latitudes más bajas que las de invierno. Como se puede ver en la Figura 2, hay muchas accesiones de invierno en regiones al norte de Europa donde la escala altitudinal es menor con respecto al centro de Europa que es donde vemos accesiones tanto de verano como de invierno. De manera interesante, se ha correlacionado el tiempo de floración de las poblaciones con la latitud; se ha demostrado una relación entre la función de la proteína codificada por el gen *FRI* en accesiones que crecen en latitudes más al norte ya que necesitan de un período de vernalización para que lleve a cabo la transición a la floración. En aquellas accesiones que crecen más al sur y que no necesitan de un período de frío para que se dé la transición a la floración, el gen *FRI* presenta diversas mutaciones que hacen que la proteína no sea funcional

(Stinchcombe et al., 2004). La otra variable geográfica, la longitud, no mostró diferencias en cuanto a las accesiones de invierno; sin embargo, podemos ver que el rango longitudinal en el cual se distribuye naturalmente *Arabidopsis*, está contenido entre los -16° y los 26° que concuerda con las coordenadas en donde se localiza el continente europeo (Figura 7A, B y C).

Cuando analizamos las variables edáficas encontramos que la media y la distribución de los datos entre las accesiones de verano y las de invierno, son diferentes tanto para el pH como para la cantidad de carbono. Se ha demostrado que el pH altera el crecimiento, la respiración y la capacidad de absorción de la raíz. Uno de los elementos importantes que son regulados por el pH del suelo es el carbono disuelto de tal forma que, a un pH bajo, las plantas tienen una muy baja absorción, a un pH intermedio las plantas pasan de tener nula absorción a tener una absorción completa y, a esta ventana entre la cual se absorben la gran mayoría de elementos, se le suele llamar “borde de absorción de pH”. En este rango, las plantas y los microorganismos del suelo suelen tener una gran concentración de elementos biodisponibles (Neina, 2019). La viabilidad o disponibilidad de los nutrientes varía dependiendo de si el suelo es ácido (menor que 7) o alcalino (mayor que 7) (Lager et al., 2010). Los suelos se suelen categorizar en 4: muy ácidos, ácidos, muy alcalinos y alcalinos; cuando el suelo tiene valores por debajo de 4 son suelos muy ácidos, por debajo de 5 son suelos ácidos, por arriba de 7.5 son suelos alcalinos y por encima de 8 son suelos muy alcalinos. La óptima disponibilidad de la gran mayoría de los nutrientes se da en suelos con un rango de pH entre levemente ácido (6.5) y levemente alcalino (7.5). Curiosamente, la absorción de los macronutrientes es menos dependiente del pH del suelo que los micronutrientes (Jensen & Thomas, 2010). Al observar los valores de la Figura 13 B y C, notamos que la gran mayoría de las poblaciones de *Arabidopsis* se colectó en sitios que presentan suelos con un rango de pH que va de los 5.29 a los 5.72 considerados como suelos ácidos. De manera interesante en nuestro laboratorio, al igual que en muchos de los que trabajan *Arabidopsis* en el mundo, se utiliza un medio nutritivo (MS) al cual se le ajusta el pH a 5.6 o 5.7 y, aunque esto no favorece para la absorción de Macronutrientes, favorece la acumulación de Micronutrientes (Lončarić et al, 2008; Sarasketa et al, 2016). Por otro lado, cuando analizamos las estrategias de vida notamos que las accesiones de verano se localizan en suelos más ácidos (pH 5) que las de invierno (pH 6) y, aunque solo sea un valor de pH,

dicho valor puede modificar la absorción principalmente de micronutrientes en el suelo y alterar diferentes procesos del desarrollo de las plantas como son: la biomasa, la floración y la producción del polen y fisiológicos como son la expansión celular y la conductancia (Kamaluddin y Zwiazek, 2004; Jiang et al, 2017; Gentili et al, 2018)

Por otro lado, el elemento más importante para el crecimiento y desarrollo de todos los organismos, el Carbono lo solemos encontrar abundantemente en excrementos de animales y en materia en descomposición que se acumula en el suelo durante mucho tiempo formando reservas de Carbono; también tiene una distribución diferencial entre los sitios de colecta de las accesiones de verano y las de invierno. Las plantas fijan el carbono atmosférico por medio de la fotosíntesis mientras que hay muchos microorganismos que fijan el carbono del suelo y lo hacen disponible para las plantas (Sharp & Davies, 1979; Garthwaite, 2021; Beckles et al, 2021). Es posible que en suelos con una riqueza mayor de carbono se encuentre una mayor diversidad de organismos y esto afecte el crecimiento y desarrollo de las plantas (Kothandaraman et al, 2020). Al analizar los datos de la cantidad de carbono en los sitios de colecta de las diferentes accesiones pertenecientes a ambas estrategias de vida en *Arabidopsis*, notamos que hay una pequeña diferencia entre la cantidad de carbono total superficial en las accesiones de verano y las de invierno. Dicha diferencia se puede explicar ya que es posible que a latitudes más al norte del planeta la cantidad de materia orgánica disminuya tanto por la poca diversidad de organismos vegetales así como por la disminución de las emisiones de carbono. En contraste, en latitudes más bajas aumentan tanto las emisiones de carbono así como la absorción del mismo ya que son suelos en donde la diversidad de organismos vegetales así como la concentración de personas, aumenta. Dicho lo anterior, es posible que las accesiones de verano se concentren en suelos con más carbono superficial que las de invierno. Finalmente, no se encontraron diferencias ni en las medias ni en los rangos de distribución de las accesiones de invierno y de verano ni para el nitrógeno ni para la arcilla.

Tabla 3. Rangos de las variables climáticas, geográficas y edáficas.

Variable	Media de rango	Rango
Altitud	372 msnm	0-1100 msnm
Longitud	6.98 °	-16.20 ° - 91-80 °
Latitud	48.07 °	37.82 ° - 57.41 °
Temperatura mínima	4.95 °C	-2.44 °C - 10.59 °C
Temperatura máxima	13.88 °C	6.98 °C - 21.87 °C
Radiación solar	124.15 Kilojulios	75.24 - 165.79 Kilojulios
Precipitación	57.60 mm	33.15 mm - 112.51 mm
pH	6.24 -log	5.29 -log - 8.74 -log
Arcilla	18.95 %	6.47 % - 27.81 %
Carbono	15 kg/m ²	6.68 kg/m ² - 27.41 kg/m ²
Nitrógeno	1.39 g/m ²	1.24 g/m ² - 1.82 g/m ²

Como vimos en este capítulo, encontramos cinco variables que nos pueden ayudar a predecir las estrategias de vida de las diferentes accesiones y clasificarlas como de invierno o de verano y, de acuerdo al artículo de Davila-Olivas et al., 2017, qué tan tolerantes podrían ser a vivir en sitios con baja disponibilidad de agua. Sin embargo, cuando analizamos las 582 accesiones usando cualquiera de estas variables de manera individual, no notamos un agrupamiento claro que nos permita identificar entre accesiones de invierno y verano. Por lo tanto, hicimos un PCA o Análisis de componentes principales, para disminuir la dimensionalidad sin perder información y poder predecir, de mejor manera, cuáles son las variables que podríamos utilizar para poder predecir la estrategia de vida de las poblaciones de *Arabidopsis*, usando únicamente los datos climáticos, geográficos y edáficos de los sitios de colecta de las accesiones.

6.2. CAPÍTULO 2

6.2.1. *Análisis de Componentes Principales (o PCA en inglés Principal Component Analysis).*

Como se puede ver en el Apéndice en la Tabla A12 generamos una enorme base de datos con información de 11 variables (5 factores climáticos: Altitud, Temperatura (mínima y máxima), Precipitación y Radiación solar, 4 factores edáficos: Nitrógeno, Carbono, pH, Arcilla y 2 factores geográficos: Latitud y Longitud) de las 582 accesiones por lo que necesitábamos encontrar un análisis que nos permitiera estudiar la variabilidad de nuestros datos. Una técnica que permite simplificar una gran cantidad de variables a la vez y que minimiza la pérdida de información, es el PCA (en inglés Principal Component Analysis). El PCA nos permite estudiar la variabilidad de una muestra representativa que contenga la mayor información posible del conjunto de datos originales usando los llamados “componentes principales”. Como se puede ver en la Figura 18, los primeros 5 componentes principales explican más del 80% de la variación de nuestros datos y, de estos, los dos primeros explican más del 40%, por lo que decidimos seguir trabajando con estos dos (Figura 18 y 19). Para poder analizar los datos del resultado vectorial entre ambos componentes, se hace una visualización de las asociaciones de cada vector; es decir, se visualizan las líneas resultantes llamadas vectores y su valor obtenido ya sea positivo o negativo para ver su relación con las demás variables. Dichos vectores se calculan a partir de la correlación de todas las variables y, si se obtiene una correlación positiva se interpreta como una relación directa mientras que, si es negativa, se habla de una relación indirecta o inversa (Figura 19). Se usaron únicamente 8 variables de las 11 analizadas anteriormente, dicha reducción se realizó para disminuir el posible ruido que puedan ocasionar las correlaciones de variables que están correlacionadas naturalmente, como es el caso de la temperatura máxima y mínima y de las coordenadas geográficas: latitud y longitud. Es por ello, que decidimos excluir a la temperatura mínima como variable debido a considerar a la temperatura máxima como un factor que engloba de cierta forma los límites máximos de la temperatura mínima y a las coordenadas geográficas, dichas coordenadas fueron utilizadas para elaborar un mapa con las asociaciones presentes en el PCA (Figura 20). Para obtener las clases generamos un dendograma de clasificación a partir de la correlación de las 8 variables descritas

a continuación: Altitud, pH, porcentaje de Arcilla, cantidad de nitrógeno, cantidad de carbono, cantidad de radiación solar, temperatura máxima anual y precipitación anual. Analizamos el dendograma siguiendo el índice de Bray-Curtis a pesar de ser un índice utilizado para la abundancia de especies, fue el que mejor nos ayudo a describir la similitud entre nuestras variables ambientales, obtuvimos 4 clases bien definidas para las poblaciones de Arabidopsis (Figura A1)

6.2.2 Componente principal 1

En el PC1, o el componente principal número 1, vemos una asociación positiva entre la altitud, la temperatura máxima, el nitrógeno, la arcilla, el pH y la radiación solar y una asociación negativa entre la precipitación y el carbono. Dentro de las 6 variables que se asocian positivamente, las que cuentan con una relación más fuerte con respecto al valor de su vector propio (+2.5) son la radiación solar, la temperatura máxima, el pH, la altitud y el nitrógeno, siendo el vector más fuerte el de la radiación solar, en cuanto a las que presentan una asociación débil de acuerdo con su vector propio (-2.5) encontramos a la arcilla. En cuanto a los valores negativos, las que presentan un valor más fuerte es el carbono (-2.5) y un valor débil (-2.4) la precipitación. (Figura 19).

6.2.3 Componente principal 2

En el componente principal 2 de nuevo la altitud, el nitrógeno, la arcilla, el pH, la precipitación y el carbono presentan una clara asociación positiva mientras que la temperatura máxima y la radiación solar presentan una asociación negativa. En cuanto a las que presentan una relación positiva, la arcilla y el pH tienen un valor de influencia fuerte (+2.5); por el contrario la altitud, la precipitación, el nitrógeno y el carbono tienen un valor de influencia débil (+2.4). En cuanto a las asociaciones negativas del componente 2, tenemos que la temperatura máxima y la radiación solar tiene una asociación negativa débil (-2.5) (Figura 19).

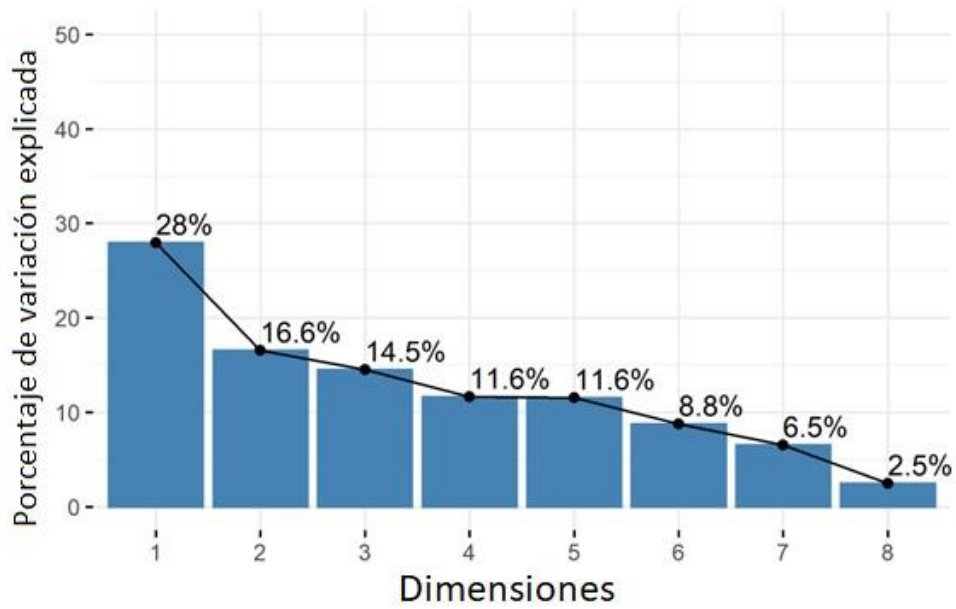


Figura 18. Gráfica de sedimentación de los 8 componente principales.

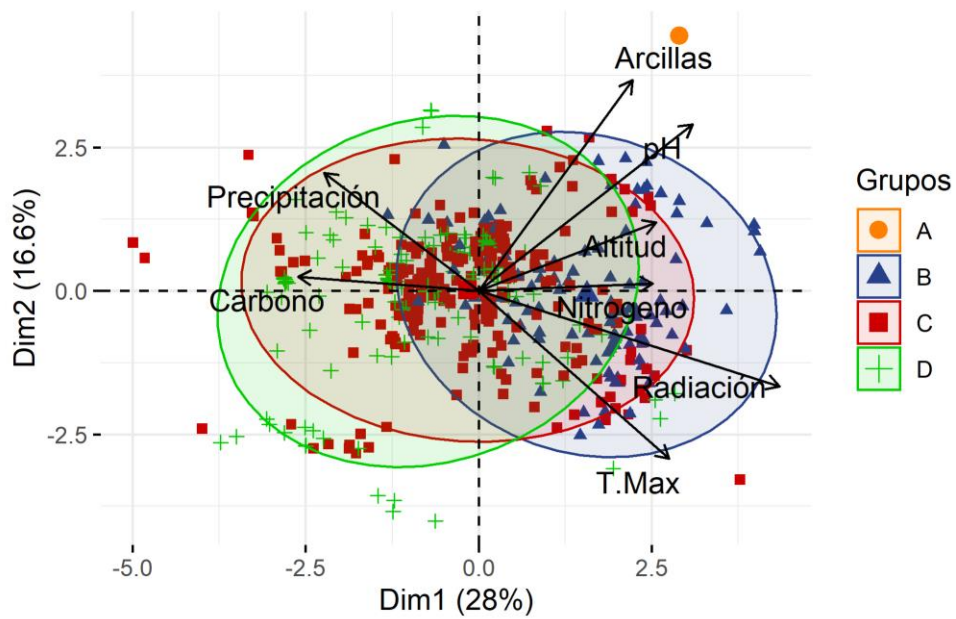


Figura 19. Influencia de los componentes principales 1 y 2 en el estudio de las las asociaciones de las 8 variables analizadas. Los grupos están relacionados de acuerdo con los análisis de correlación del dendrograma obtenido anteriormente en la Figura A1.

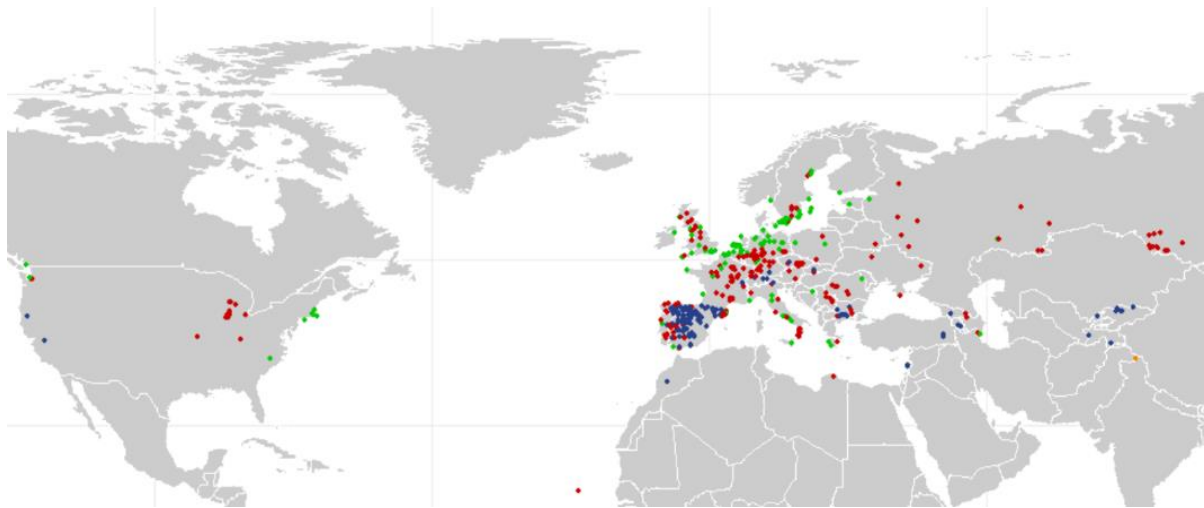


Figura 20. Mapa de los grupos funcionales resultantes del PCA y del dendograma de correlación. En naranja observamos al grupo A, en azul al grupo B, en rojo al grupo C y en verde al grupo D.

6.2.4. DISCUSIÓN

En el componente principal 1, tenemos que la altitud, el pH, la arcilla, el nitrógeno, la temperatura máxima junto con la radiación solar, tienen una asociación positiva. Esto quiere decir, que estas cinco variables son determinantes en el desarrollo de *Arabidopsis*, aunque dependiendo del valor de los vectores son algunas más determinantes que otras. Con respecto a la temperatura máxima es interesante que los valores resultantes de sus vectores tienen una fuerte asociación positiva en el componente 1; esto quiere decir que los rangos de temperatura son determinantes en el desarrollo de las poblaciones de *Arabidopsis* al menos para las accesiones del grupo B, es posible que estas accesiones estén condicionadas por las altas temperaturas (Figura 21 A) y de acuerdo a lo visto en el mapa (Figura 10), se localizan en su mayoría en regiones al centro de Europa, zonas en donde las temperaturas máximas son más altas con diferencia a las de las otras zonas o de los grupos A, C y D, un dato interesante son las accesiones del grupo D ya que cuentan con temperaturas máximas más bajas con respecto a los otros 3 grupos. Cabe recalcar que en el grupo A, encontramos únicamente a una accesión, Kas-1, es probable que, debido a ello, esta accesión no presente una gran diferencia entre los otros grupos que cuentan con una gran cantidad de accesiones.

Con respecto a la radiación solar vemos que es uno de los vectores con valores más fuertes en el PCA y el más determinante con respecto al grupo B (Figura 21 C), ya que se diferencia de C y D por casi más de 50 KJ, es decir que en estas

zonas de Europa la radiación que llega a las poblaciones es mucho más determinante para las plantas y puede resultar en adaptaciones únicas, la radiación junto con las temperaturas máximas nos puede orientar hacia poblaciones que presenten estrategias de vida de tipo verano de acuerdo a lo visto por Yim et al, 2022. Con respecto al grupo B, las variables que no son tan determinantes para este grupo es la precipitación y el carbono, esto se debe a la uniformidad de ambas variables en las zonas donde se desarrollan estas poblaciones.

En cuanto al nitrógeno un elemento esencial para el desarrollo de las plantas, es influyente en los tres grupos de manera positiva, por lo tanto, los valores en los tres son homogéneos, es decir, que todos los grupos presentan valores de cantidad de nitrógeno superficial por debajo de los 1.5 Kg/m², de acuerdo con Ballabio, et al 2019, estos valores de entre 1.4 y 1.5 Kg/m² se presenta en las zonas centrales de Europa (Figura 21 E)

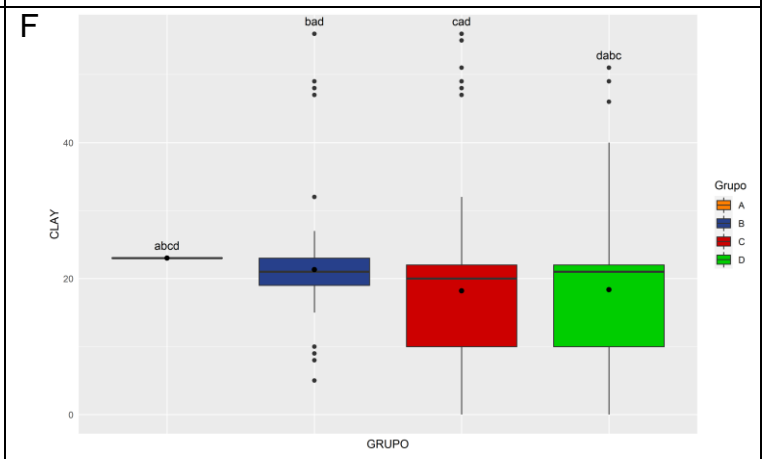
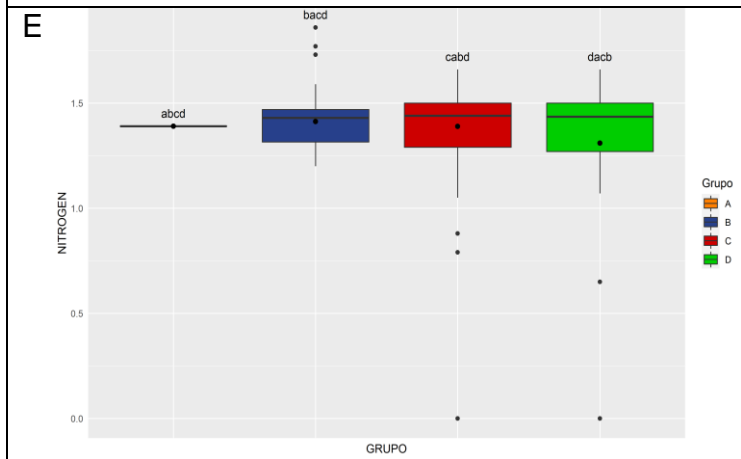
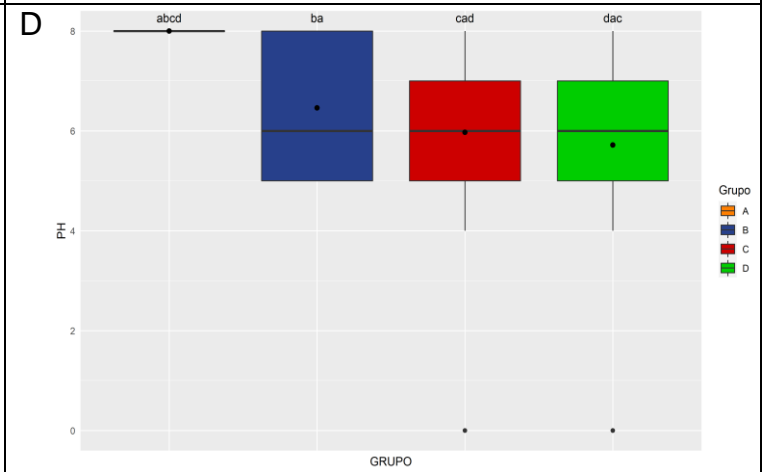
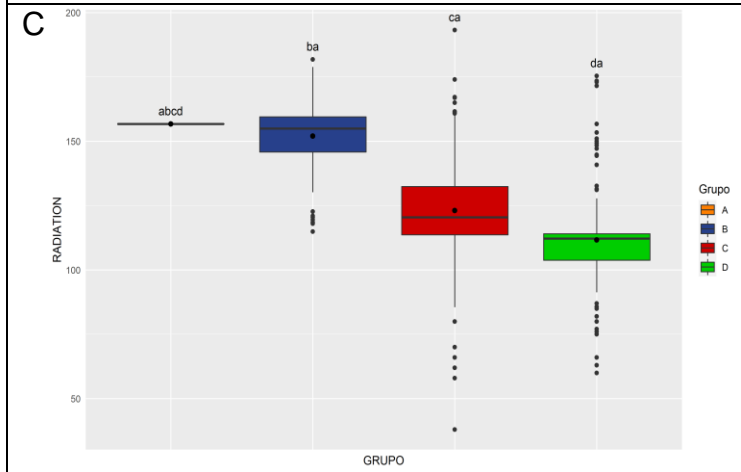
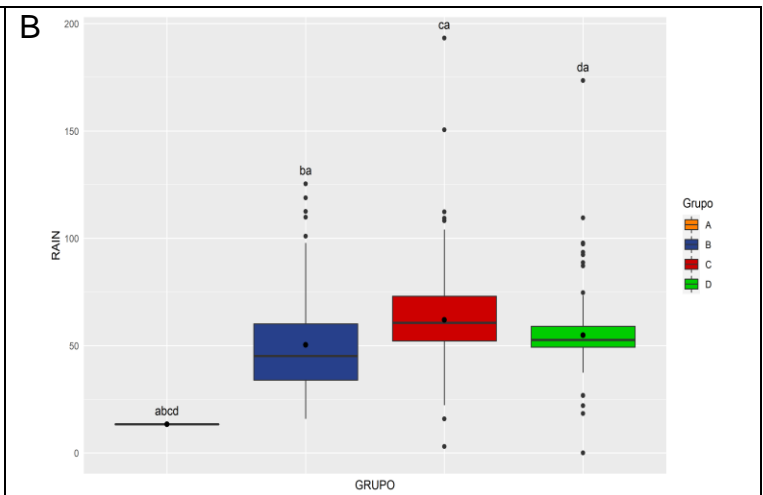
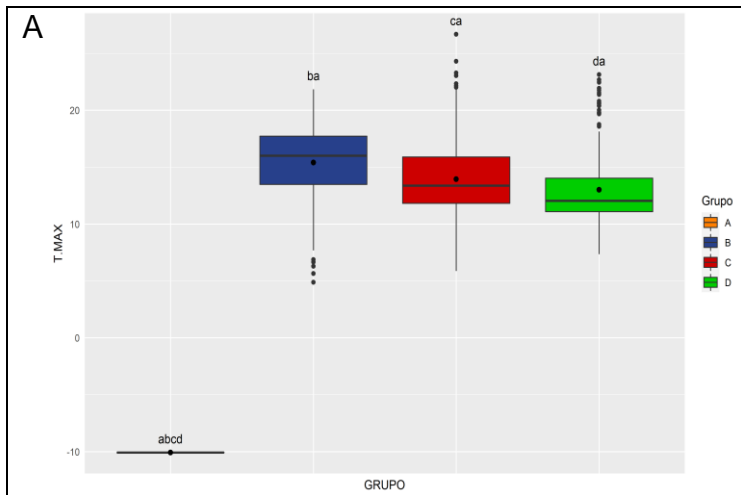
La altitud una de las variables con mayores diferencias en el Capítulo 1 es determinante en los tres grupos B, C y D, con grandes diferencias entre los 3 (Figura 21 G) ya que el grupo B es el que presenta altitudes más altas, siguiendo el grupo C y el grupo D con las altitudes más bajas, es posible que las altitudes más altas en el grupo B y C se deba al relieve de Europa central, donde se presentan pequeñas montañas y cordilleras como la de los Pirineos y los Alpes, a diferencia del grupo D que se encuentran en latitudes más al norte de Europa donde el relieve es mucho más homogéneo, dicha baja elevación en conjunto con una menor temperatura máxima y baja radiación en el grupo D puede darnos indicios de que estas accesiones tendrán una estrategia de vida típica de invierno, esto concuerda con lo analizado por Exposito-Alonso et al, 2020 donde propone una clasificación de 4 estrategias de vida y sus probables distribuciones en Europa occidental donde coloca a las accesiones típicas de invierno en latitudes más al norte.

El pH necesario para la correcta disponibilidad y absorción de los nutrientes del suelo, podemos encontrar accesiones creciendo en suelos más ácidos y otras en suelos neutros como lo vemos en la Figura 21 D, donde el grupo B presenta un rango de pH más grande entre los 5 y los 8, a diferencia los grupos C y D con valores entre 5 y 7, podemos relacionar a los suelos con mayor disponibilidad de nutrientes los que se encuentran entre los rangos de 5 y 7 (Neina, 2019). La gran amplitud de rango en el grupo B es posible que se deba al relieve tan heterogéneo

presente en las zonas donde crecen estas poblaciones que corresponden en su mayoría a poblaciones de la península ibérica (Figura 20), aunque la relación entre el pH y las estrategias de vida aún no se encuentra bien definida, es probable que las accesiones de verano presenten un rango mucho más amplio de pH en el suelo. Otro componente esencial en la conformación de los suelos es la arcilla, en cuanto al PCA encontramos que es más determinante para los 3 grupos (Figura 21 F) aunque por el grupo B el porcentaje de arcillas en el suelo está más restringido con respecto a los del grupo C y D, es probable que las accesiones del grupo B tengan una mayor absorción de agua o una mejor disponibilidad, a diferencia de las accesiones de los otros grupos, que presentan una menor cantidad de porcentaje de arcillas y disminuyan la absorción de agua, por lo tanto, estas accesiones podrían ser más eficaces en cuanto a la absorción del agua.

La precipitación es un factor ambiental importante para la disponibilidad de agua en plantas, de acuerdo con nuestro análisis de componentes la precipitación está correlacionada con el grupo D y C ya que es posible que se relacione con la eficiencia en la disponibilidad de agua, ya que de acuerdo con lo analizado el grupo C presenta valores con más cantidad de precipitación con respecto a el grupo D y B, es posible que se deba a la localización de las accesiones tanto altitudinalmente como latitudinalmente, es probable que al presentarse en altitudes más altas, las del grupo B reciban una menor cantidad de agua y al presentarse en latitudes más al norte, como son latitudes más frías, la cantidad de agua es menor (Figura 21 B). Por último, la variable de la cantidad de carbono superficial, la cual es fundamental en todos los procesos biológicos de las plantas, no se encontraron diferencias entre los 3 grupos resultantes del dendograma y el PCA, ya que el carbono presenta una asociación débil en el componente principal 2, y parece ser determinantes en los 3 grupos ya que presenta valores de carbono muy similares en todos los grupos (Figura 21 H).

Por lo tanto, las variables que pueden determinar la estrategia de vida de *Arabidopsis* y la eficiencia en el uso del agua, de acuerdo a nuestro trabajo son : La temperatura máxima, la altitud y el pH, en contraste con las coordenadas geográficas de cada población siendo más importante el estrato latitudinal.



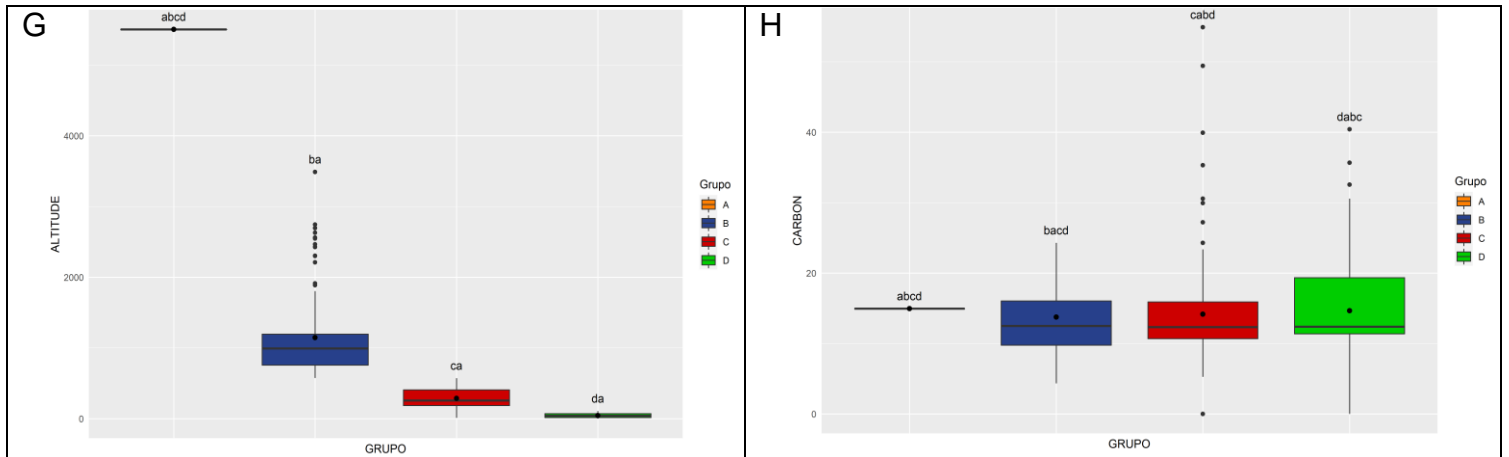


Figura 21. Gráficas de bigotes de las relaciones entre las variables y los grupos funcionales obtenidos mediante el dendrograma de correlación y el PCA. A) Temperatura máxima, B) Precipitación, C) Radiación solar, D) pH, E) Nitrógeno, F) Arcilla, G) Altitud y F) Carbono.

7. CONCLUSIONES GENERALES

Al analizar las variables ambientales logramos definir los rangos de distribución biológica de 582 poblaciones de *Arabidopsis*, un aporte importante para el estudio ecológico de la especie ya que define los rangos óptimos en los que crecen la gran mayoría de las poblaciones estudiadas; también permite analizar aquellas accesiones que no compartan este rango para poder identificar adaptaciones únicas a nivel ecológico.

Se estudiaron 110 accesiones previamente identificadas como de verano e invierno para poder identificar las variables más determinantes para el desarrollo de las estrategias de vida, siendo la altitud y la temperatura máxima dos de los valores más importantes para el establecimiento de las poblaciones, encontrando a las de invierno en latitudes más al norte y en altitudes más bajas, y a las de verano en latitudes más bajas y altitudes más altas. Aunque estos datos nos permiten sentar las bases para la identificación de las variables más importantes en el desarrollo de las poblaciones no nos permiten predecir completamente las estrategias de vida de otras accesiones sin estudio de campo previo. Es por ello, que para poder predecir los tiempos de reproducción de las poblaciones de *Arabidopsis* e identificar las accesiones de invierno en sitios con baja disponibilidad de agua, es necesario de la incorporación de más variables tanto climáticas como edáficas que definan de mejor manera sin necesidad de visitar los sitios de colecta las adaptaciones clave para cada accesión y sus posibles variantes. En nuestro trabajo logramos identificar a la altitud, la temperatura máxima y el pH como

factores determinantes en la adaptación de las poblaciones de Arabidopsis; gracias al PCA se pudieron identificar a la arcilla, la radiación, el carbono, el nitrógeno y la precipitación como posibles variables que apoyen para definir el desarrollo de las accesiones de Arabidopsis.

8. APÉNDICE

Tabla A1. Tabla de Datos del Laboratorio de Genética, Evolución, Desarrollo y Epigenética de plantas. Se muestran 582 accesiones.

Donde: Acc (Accesiones), Lon (Longitud), Lat (Latitud), Alt (Altitud), Min (Temperatura mínima), Max (Temperatura máxima), Pre (Precipitación), Car (Carbono), Nit (Nitrógeno), Ar (Arcilla), pH (Potencial de Hidrógeno) y Rad (Radiación solar).

Acc	Lon	Lat	Alt	Min	Max	Pre	Car	Nit	Ar	pH	Rad
11C1*	-3.21072	55.8877	271	4.29166 667	11.35	63.166666 7	9.64258	1.58542	21	5	87.9166667
Aa-0	9.57073	50.9167	368	4.34166 667	11.8166 667	65.333333 3	15.7405	1.32192	20	5	108.583333
Abd-0	-2.2207	57.1539	159	0	0	61.833333 3	24.2875	1.12868	10	5	87.8333333
Adam-1	59.98	51.41	334	- 3.06666 667	7.66666 667	30.833333 3	8.28	1.1	25	7	126.666667
Ag-0	1.3	45	304	7.11666 667	16.7666 667	73	13.7731	1.49296	24	8	133.666667
Agu-1	- 1.34135 04	41.32	1014	5.18333 333	16.9416 667	42.5	9.78312	1.47286	19	6	158
Aiell-1	16.17	39.12	449	10.8916 667	18.325	52.333333 3	10.9215	1.5342	22	7	160.833333
Aitba-1*	-7.45	31.48	1527	8.98333 333	18.875	34.333333 3	6.98602	1.5174	23	8	170.5
Ak-1	7.62	48.06	251	4.74166 667	12.5833 333	87.166666 7	11.6585	1.4716	21	8	116.333333
Alc-0*	-3.22	40.31	812	7.25833 333	19.5166 667	27.5	9.78312	1.47286	21	8	159.583333
Ale- Stenar- 44-4	14.05	55.38	0	0	0	0	12.4009	1.49552	22	7	80
Algutsru m	16.5	56.68	11	3.29166 667	10.9916 667	41	0	0	21	8	114.583333
Alst-1*	-2.43	54.8	368	3.34166 667	10.0083 333	88.166666 7	39.9193	1.15034	20	5	90.5
Alt-1	9.22	48.59	373	4.775	13.575	72.166666 7	12.7695	1.48812	22	7	120.5
Amel-1	5.73	53.448	0	5.70833 333	12.9916 667	58.666666 7	0	0	0	0	102.416667
An-1	4.4	51.2167	13	6.43333 333	13.925	65.5	32.5541	1.1182	0	0	118.166667
Ang-0	5.3	50.3	211	4.90833 333	11.7166 667	74.333333 3	14.9809	1.3595	22	7	115.25
Ann-1	6.13	45.9	454	5.96666 667	14.7583 333	77.666666 7	12.7265	1.46082	0	0	129.5

App1-12	15.96	56.33	31	3.59166 667	10.7333 333	45.666666 7	19.4758	1.25028	21	5	115.25
Appt-1	5.5833	51.83	6	5.625	13.9	62.166666 7	11.3843	1.46652	49	6	100.25
ARGE-1- 15	4.28	47.16	495	5.075	13.275	72.5	16.4227	1.2631	20	5	125.5
ARR-17	3.69	44.05	330	7.49166 667	17.3166 667	49	16.4227	1.2631	20	5	141.333333
Baa-1	6.1	51.33	19	6.03333 333	14.0333 333	61	13.8612	1.51716	22	7	102.75
Bach-7	8.84	48.41	472	3.91666 667	13.125	74.5	10.8415	1.57626	21	7	116.333333
Bai-10	8.78	48.5	497	3.74166 667	13.1833 333	76.5	12.341	1.47492	22	7	116.333333
Bak-7	43.4767	41.7942	1149	3.1	13.0666 667	70	10.333	1.45292	24	5	144.666667
Balan-1	61.41	55.36	199	-1.675	7.20833 333	46.5	9.41	1.3	25	7	114.416667
Basta-1	79.48	51.84	210	-2.55	8.36666 667	30.5	15.06	1.27	25	8	121.333333
Basta-2	79.48	51.82	208	-2.525	8.26666 667	30.5	0	1.6	25	8	121.333333
Bay-0	11	49	570	3.95833 333	11.85	73	12.341	1.47492	19	8	121.666667
Bd-0	13.287	52.4584	53	5.85	13.4	51.333333 3	15.9146	1.3006	0	0	110.5
Be-0	8.5	49.5	104	6.9	14.6166 667	62.666666 7	11.6585	1.4716	21	7	117.5
Bela-1	18.94	48.47	507	2.74166 667	12.3	68.5	16.1221	1.42388	20	5	130.166667
Benk-1	5.675	52	20	5.625	13.4	64.166666 7	11.3843	1.46652	4	8	100.25
Ber	12	55	70	6.03333 333	10.675	49.166666 7	0	0	22	7	82
Berg-1	8.79	48.41	522	3.80833 333	12.6833 333	74.5	10.8415	1.57626	19	8	116.333333
BEZ-9	3.77	44.12	418	7.01666 667	16.7083 333	52.5	16.4227	1.2631	20	5	141.333333
Bg-2	-122	47	460	6.525	15.45	101	29.9325	1.05462	11	6	119.083333
Bijisk-4	85.27	52.52	191	- 2.84166 667	8.84166 667	55	11.2876	1.47732	8	6	119.833333
Bik-1*	35.7	33.92	992	12.0166 667	21.8	48.333333 3	9.5077	1.46042	48	8	181.833333
Bil-5	18.484	63.324	88	- 1.28333 333	7.39166 667	50.833333 3	30.5661	1.17734	10	5	95.5
Bivio-1	16.17	39.13	480	10.8916 667	18.325	52	10.9215	1.5342	22	7	160.833333
Bl-1	11.3396	44.5041	48	8.54166 667	18.7416 667	56.666666 7	11.4053	1.49736	9	7	144.416667
Bla-1	2.8	41.68	58	10.9166 667	19.7083 333	50.833333 3	16.9546	1.26056	0	0	144.75
Blh-1	19	48	446	4.45	11.8333 333	60.166666 7	10.898	1.45468	47	7	130
Boo2-1	13.51	55.86	61	4.16666 667	10.9416 667	54.833333 3	12.4009	1.49552	20	5	112.666667

Boot-1	-3.2667	54.4	184	4.45833 333	11.5583 333	87.166666 7	35.3151	1.07706	20	5	97.9166667
Bor-1	16.2326	49.4013	506	2.98333 333	11.0583 333	59.333333 3	15.6133	1.31544	20	5	117.083333
Borky1	16.232	49.403	506	3.08333 333	11.25	59.333333 3	15.6133	1.31544	20	5	117.083333
BRE-14	4.45249	48.85249	86	6.09166 667	15.1583 333	53	12.255	1.4373	19	8	120.5
BRI-2	3.52	50.68	48	6.23333 333	13.8083 333	62.5	6.86184	1.54214	22	7	116.5
Broesarp -34-145	14.1333	55.7167	46	4.24166 667	11.0416 667	51	20.0539	1.2673	22	7	114.083333
Bs-1	7.5	47.5	328	5.40833 333	13.875	76.5	13.4582	1.50448	23	7	117.416667
Bsch-0	8.6667	50.0167	129	6.05	14.0416 667	56.333333 3	12.3545	1.33752	10	5	111.75
Bu-0	9.5	50.5	382	4.09166 667	11.4583 333	72	12.7695	1.48812	20	5	112.333333
Buckhorn Pass	-122.755	41.3599	1103	2.13333 333	17.5833 333	31.166666 7	12.9968	1.37316	23	7	144.916667
Bur-0	-6.2	54.1	48	6.00833 333	13.325	0	17.1489	1.3086	20	5	93.8333333
C24	-8.42639	40.2077	27	10.6166 667	21.5333 333	49.666666 7	18.0383	1.3269	21	5	127.833333
Ca-0	8.26607	50.2981	204	5	12.55	55.833333 3	15.7405	1.32192	22	7	110.416667
Cal-0*	-1.64293	53.2699	157	6.58333 333	13.1083 333	66	39.9193	1.15034	21	5	94.9166667
Castelfed -1-197	11.29	46.34	294	5.2	15.8166 667	76.333333 3	16.9682	1.28188	20	5	128.25
CATS-6	2.69	50.79	78	6.26666 667	13.2583 333	57.166666 7	6.86184	1.54214	22	7	115.333333
Cdm-0	-5.74282	39.7267	428	10.1416 667	20.6	27.666666 7	11.7657	1.49582	9	6	159.583333
Cerv-1	12.1	42	93	10.85	20.1333 333	22.333333 3	19.7376	1.1095	9	7	150.5
CHA-41	-71.1445	42.3634	9	4.61666 667	15.8416 667	92.333333 3	16.2456	1.2748	13	5	131.416667
Chaba-2	79.3678 479	53.60460 79	131	- 3.40833 333	6.80833 333	32.666666 7	8.28	1.1	23	7	115.333333
Chat-1	1.33867	48.0717	138	6.45833 333	15.2	51.333333 3	13.4582	1.50448	19	8	120.583333
Chi-0*	34.7361	53.7502	192	0.86666 667	8.73333 333	61	16.5205	1.44828	11	5	114.416667
Cimin-1	16.21	39.58	137	11.0083 333	21.3	41.166666 7	10.9215	1.5342	22	7	160
Cnt-1	1.1	51.3	39	6.89166 667	13.8666 667	43.333333 3	10.8814	1.50222	22	7	110.916667
Co	-8.42639	40.2077	27	10.7333 333	21.375	49.666666 7	18.0383	1.3269	21	5	127.833333
Col-0	-92.3	38.3	182	6.925	18.6333 333	97.666666 7	10.5854	1.43788	25	5	144.083333
Com-1	2.823	49.416	43	6.7	14.7	52	12.7505	1.4819	21	7	118.416667
Corig-1	16.5058 189	39.60313 09	170	12.3416 667	20.2916 667	34.333333 3	9.80334	1.53512	22	7	66
Ct-1	15	37.3	32	13.1166 667	22.4583 333	18.333333 3	9.16748	1.51218	21	6	171.5

Cvi-0*	-23.6167	15.1111	208	18.7333 333	26.6833 333	15.833333 3	0	0	23	8	38
CYR	0.68333 33	47.4	74	7.625	15.9666 667	49.5	8.51782	1.48168	22	7	124.333333
Db-1*	8.32213	50.3058	297	5	12.55	59.333333 3	15.7405	1.32192	20	5	110.416667
Del-10*	21.1827	44.9444	209	6.15833 333	15.6583 333	65.666666 7	10.4695	1.34062	5	6	133.75
Dem-4	-87.1923	41.1876	203	4.15833 333	15.4916 667	96.166666 7	15.899	1.43806	12	6	133.583333
Di-G	5.04278	47.3239	245	6.64166 667	14.5333 333	63.666666 7	10.7133	1.5212	0	0	125.166667
DIR-9	4.32	48.54	132	5.9	14.9	57	12.255	1.4373	6	8	120.5
Dja-1*	73.6297	42.5898	2630	-7.575	4.88333 333	61.666666 7	14.9596	1.5935	24	7	151.416667
Do-0*	8.2372	50.7224	359	4.75	12.9583 333	67.833333 3	18.2923	1.28022	20	5	107.583333
Dog-4*	42.2239	38.3011	1547	4	14.9416 667	63.833333 3	8.2279	1.44332	23	8	177.583333
Dolen-1	23.94	41.62	1001	3.275	14.3583 333	52.833333 3	12.5881	1.41452	24	6	139.916667
Dolna-1	23.1	42.32	620	4.76666 667	15.7416 667	53.5	10.6002	1.47308	18	8	135
Don-0	- 6.35860 9	36.8335	6	13.7333 333	21.75	22	4.39	1.21	5	6	173
Dospa-1	24.18	41.64	1290	1.95833 333	13.0166 667	58.833333 3	12.5881	1.41452	20	5	141.083333
Doubrav nik7	16.3497	49.4211	383	3.78333 333	11.6916 667	55.833333 3	15.6133	1.31544	20	5	117.083333
Dr-0	13.7336	51.051	112	3.99166 667	11.9666 667	62	15.9146	1.3006	0	0	111.5
Dra-0	16.2667	49.4167	536	5.025	12.4583 333	60.166666 7	15.6133	1.31544	20	5	117.083333
Dra2-1	14.12	55.76	77	3.99166 667	11.025	52.5	20.0539	1.2673	21	5	114.083333
Draha2	16.2815	49.4112	500	3.30833 333	11.2	59.333333 3	15.6133	1.31544	20	5	117.083333
Duk	16.2	49.1	346	4.5	12.7	54.5	15.2051	1.3557	20	5	117.083333
Durh-1	-1.5733	54.7761	43	5.13333 333	12.225	48.333333 3	12.0427	1.55006	0	0	91.3333333
Eden-1	18.177	62.877	72	0.13333 333	7.54166 667	53.5	30.5661	1.17734	10	5	97.5
Edi-0	-3.16028	55.9494	133	5.14166 667	12.0333 333	53.166666 7	0	0	0	0	87.9166667
Eds-1	18.4	62.9	64	0.6	7.75	51.166666 7	30.5661	1.17734	10	5	97.5
Ei-2	6.3	50.3	497	4.39166 667	11.2916 667	83.666666 7	15.7405	1.32192	21	5	112.25
Eil-0	12.6327	51.4599	102	5.13333 333	13.2	53	15.9146	1.3006	21	8	109.416667
EI-0*	9.68253	51.5105	307	4.56666 667	12.0833 333	66.833333 3	15.7405	1.32192	20	5	105.416667
Ema-1*	0.5	51.3	29	6.3	13.825	44.666666 7	10.8814	1.50222	22	7	107.916667
En-1*	8.5	50	108	6.05	14.0416 667	52.5	12.3545	1.33752	21	5	114.75

ENC-2-1	3.6	50.86	24	6.74166 667	14.075	63	6.86184	1.54214	21	7	116.5
Epidauros-1	23.08	37.6	349	10.4666 333	20.5083 333	28	9.79668	1.47438	24	8	174
Er-0*	11.0087	49.5955	284	4.65833 333	13.4583 333	67.333333 3	21.5922	1.22724	4	4	116.083333
Erg2-6	8.8	48.5	477	3.83333 333	13.2333 333	75.666666 7	12.341	1.47492	22	7	116.333333
Es-0	24.5682	60.1997	29	0	0	50.5	22.1005	1.16328	55	5	100.666667
ESP-1-11	3.47	50.72	16	6.40833 333	13.9833 333	61.333333 3	6.86184	1.54214	15	5	113.833333
Est	24.9871	59.6656	0	1.81666 667	9.075	0	0	0	0	0	#DIV/0!
Est-1	25.3	58.3	63	1.34166 667	9.075	54.166666 7	6.95808	1.66016	24	6	105.166667
Et-0*	2.56481	44.6447	272	6.48333 333	16.725	52	16.691	1.28332	10	5	134.166667
Ey15-2	8.76780 8	48.43452 2	423	4.00833 333	13.2	73.333333 3	12.341	1.47492	19	8	116.333333
Fab-2	18.3174	63.0165	0	0	0	0	30.5661	1.17734	10	5	95.5
Fanerone mi-3	22.04	37.07	8	11.7166 667	22.6833 333	26.833333 3	9.79668	1.47438	18	8	173.5
Fei-0	- 8.54082 9	40.9245	183	9.94166 667	19.0833 333	66.333333 3	24.2795	1.19524	23	5	127.083333
Fell1-10	8.79	48.42	522	3.81666 667	12.6833 333	74.333333 3	12.341	1.47492	19	8	116.333333
Fi-0	8.0167	50.5	220	5	12.55	60.5	12.7695	1.48812	23	6	110.416667
Filet-1	14.87	40.68	70	11.4833 333	20.65	55	13.7723	1.32598	21	8	149.25
Fja1-1	14.29	56.06	38	3.75	11.175	46.5	12.4009	1.49552	22	7	112
Fly2-1	13.3712	55.7509	25	4.1	11.525	51.666666 7	12.4009	1.49552	20	5	112.25
Fondi-1	13.3975 53	41.35558 49	5	10.9083 333	20.3833 333	52.833333 3	9.79668	1.47438	19	8	151
Fr-2	8.6822	50.1102	109	6.05	14.0416 667	56.666666 7	10.1564	1.55014	0	0	111.75
Fri_2	14.2091	55.8106	0	0	0	0	20.0539	1.2673	22	7	114.083333
Furni-1	24.9996 1	45.13741 9	431	3.85833 333	13.7	68	8.56584	1.57578	19	6	125.083333
Ga-0	8	50.3	365	4.75	12.9583 333	65	15.7405	1.32192	20	5	110.416667
Ge-0	6.08	46.5	1167	2.36666 667	10.8166 667	109.83333 3	12.574	1.45502	8	7	122.666667
Geg-14	44.8203	40.1408	1889	0.24166 667	11.5083 333	48.5	11.375	1.34	27	7	157.916667
Gel-1	5.86667	51.0167	38	5.96666 667	13.8583 333	62.833333 3	13.8612	1.51716	22	7	102.5
Gie-0	8.67825	50.584	163	5	12.55	54.333333 3	18.2923	1.28022	21	8	108

Giffo-1	16.13	38.44	399	11.15	19.525	45.833333 3	9.80334	1.53512	22	7	166.916667
Gn-1	9.17	48.57	400	4.66666 667	13.3666 667	72.166666 7	10.8415	1.57626	23	6	120.5
Goced-1	23.85	41.57	620	5.65	16.475	45.833333 3	9.79668	1.47438	56	7	139.916667
Gol-2	-3.96722	57.9672	1	0	0	0	49.4349	0.88042	10	5	90
Got-22	10	51	354	5.1	13.1083 333	66.5	15.7405	1.32192	20	7	109.416667
Gr-1	15.5	47	364	4.31666 667	13.6166 667	89.833333 3	11.477	1.53548	20	5	134.666667
Gradi-1	18.7	45.17	81	6.11666 667	16.1583 333	64.166666 7	12.3869	1.50688	23	6	131.083333
Gre-0	-85.2532	43.178	258	5.50833 333	11.9166 667	79.333333 3	18.4876	1.29284	4	5	127.833333
Grivo-1	25.75	41.84	236	6.63333 333	17.9583 333	45.833333 3	13.4009	1.63472	56	7	145.25
Gro-3	17.7339	62.6437	150	-1.075	7.2	57.166666 7	30.5661	1.17734	10	5	97.1666667
Gu-0	8	50.3	365	4.65833 333	12	65	15.7405	1.32192	20	5	110.416667
Gy-0	2	49	182	6.76666 667	14.35	53.333333 3	13.4582	1.50448	0	0	120.166667
Ha-0	9.73569	52.3721	60	5.375	13.1916 667	58.833333 3	19.3191	1.33652	0	0	106.916667
Ha- HBT1-2	9.02	48.54	409	4.95	13.3416 667	72.666666 7	10.8415	1.57626	21	7	120.5
Haes-1	9.20340 59	48.59931 69	414	4.675	13.3083 333	73.333333 3	12.7695	1.48812	22	7	120.5
Hag-2*	16.4063	56.58039	0	0	0	0	0	0	21	8	114.666667
Hal-1*	15.0105	57.50889 9	258	1.68333 333	9.51666 667	54.666666 7	23.3092	1.2041	21	5	108.916667
Ham-1	13.9905	55.4234	4	4.50833 333	11.325	44.5	12.4009	1.49552	22	7	80
Hart-2	8.85	48.39	465	3.88333 333	13.2333 333	74.333333 3	10.8415	1.57626	22	7	116.333333
Hau-0	12.5686	55.675	15	5.54166 667	11.0333 333	49	12.7505	1.4819	22	7	112.75
HE-1	8.99482 8	48.55261 39	499	4.66666 667	12.975	75.833333 3	12.341	1.47492	22	7	117.75
Hel-3	14.8549	57.8765	202	1.64166 667	9.71666 667	52.166666 7	23.3092	1.2041	21	5	107.666667
Hey-1	5.9	51.25	30	5.775	14.025	61	32.5541	1.1182	22	4	102.5
Hh-0	9.88682	54.5175	25	5.03333 333	11.825	73.333333 3	12.7505	1.4819	22	7	110.166667
Hi-0	5	52	0	5.84166 667	13.7333 333	61.5	11.3843	1.46652	49	6	102.166667
HKT2.4	9.40331 7	48.13595 6	558	3.7	11.9833 333	79.666666 7	19.3191	1.33652	21	7	118.166667
Hn-0	8.28844	51.3472	275	4.21666 667	11.4416 667	81.666666 7	15.7405	1.32192	22	7	104.916667
Hola-1-1	13.3989 9	55.74909	20	3.99166 667	11.55	51.833333 3	12.4009	1.49552	20	5	112.25

Hov1-10	13.74	56.1	63	3.20833 333	10.9333 333	56.666666 7	20.0539	1.2673	21	5	110.666667
HR-10	-0.6383	51.4083	69	6.26666 667	14.0333 333	50	24.2875	1.12868	4	4	106.083333
Hs-0	9.44	52.24	165	5.375	13.1916 667	66	9.63948	1.53818	22	7	105.583333
HSm	15.76	49.33	551	3.01666 667	11.0416 667	61.5	15.6133	1.31544	20	5	117.916667
Iasi-1	27.59	47.16	64	5.25833 333	14.5833 333	62.666666 7	8.84364	1.2728	25	8	131.083333
IP-Adm-0	- 4.54293 9	39.14629	739	8.85833 333	20.0666 667	29.5	16.0533	1.40712	19	6	158.5
IP-Ala-0*	- 6.89050 9	39.72249	205	10.875	22.3333 333	32.666666 7	15.7751	1.24894	9	6	153.416667
IP-All-0	- 7.80302 9	42.1893	445	8.16666 667	17.675	94.833333 3	24.2795	1.19524	23	5	138.25
IP-Alm-0	- 0.36400 8	39.88479	758	7.375	18.4	35.666666 7	9.78312	1.47286	19	6	151.333333
IP-Alo-0*	-7.47487	40.1109	787	8.75	17.3666 667	59	15.3275	1.32744	10	5	145.25
IP-Ang-0	2.64381 99	41.9401	240	8.75	19.125	61	24.2795	1.19524	21	5	144.75
IP-Ara-4	- 3.68191 9	41.7021	856	5.84166 667	17.575	28.166666 7	9.78312	1.47286	49	8	154.916667
IP-Bar-1	2.13103	41.4341	371	10.3416 667	18.8	52.5	11.0798	1.42638	21	5	58
IP-Bea-0	-5.26806	36.52109	198	12.35	21.2666 667	28.5	9.78312	1.47286	22	7	167.166667
IP-Ben-0	- 2.65528 9	38.3723	795	8.46666 667	21.35	26.5	9.98286	1.50056	21	8	159.416667
IP-Ber-0	-0.56059	42.51709	1066	4.99166 667	14.225	57.666666 7	11.0798	1.42638	49	8	146.75
IP-Cab-3	2.3886	41.53949	268	10.4083 333	19.0833 333	52.666666 7	16.9546	1.26056	9	6	146
IP-Cad-0*	-5.74057	40.36619	1189	5.9	14.95	49	24.2795	1.19524	23	5	159.916667
IP-Cap-1	-3.35862	36.96889	1380	5.475	16.775	35	16.0533	1.40712	22	7	160.416667
IP-Car-1	-4.32411	38.2526	756	8.75833 333	20.9583 333	31.166666 7	15.7751	1.24894	9	6	159.833333
IP-Cdc-3*	-4.5444	41.2147	787	5.78333 333	18.1666 667	28.5	11.7657	1.49582	5	6	164.166667
IP-Cdo-0	-4.68675	42.2321	833	6.00833 333	17.225	35.5	9.78312	1.47286	24	6	159.5
IP-Cem-0	- 4.31604 9	41.1496	882	5.73333 333	17.8666 667	31	4.33764	1.56312	21	5	159.583333
IP-Cmo-3*	-4.65101	40.0499	407	9.74166 667	21.5	22.166666 7	11.7657	1.49582	15	7	161.583333
IP-Coa-0	- 7.49760 9	38.4459	199	10.2416 667	22.15	29.666666 7	7.92982	1.4998	10	7	156.75
IP-Coc-1*	3.19451	42.31159	177	10.8666 667	18.675	38.333333 3	15.456	1.31156	19	6	62

IP-Cor-0	-2	40.83	1106	4.4	17.2666 667	37.5	11.0798	1.42638	19	6	156.75
IP-Cum-1*	-6.65604	38.0679	605	9.15	21.15	33.5	16.0533	1.40712	21	8	159.916667
IP-Cur-4	-8.0914	43.1242	541	7.73333 333	15.9	91	24.2795	1.19524	23	5	132.25
IP-Deh-1	- 6.66685 9	40.28929	870	7.45	16.15	49.666666 7	24.2795	1.19524	23	5	151.916667
IP-Elb-0	2.3404	41.8108	1023	5.05	14.975	71.833333 3	24.2795	1.19524	22	7	146
IP-Fue-2	- 5.42384 9	38.2633	598	9.15	21.8333 333	33	16.0533	1.40712	9	5	160.916667
IP-Fun-0	- 4.04908 9	40.7884	1913	2.63333 333	9.79166 667	81	24.2795	1.19524	23	5	158.666667
IP-Gra-0	- 5.39372 9	36.7691	1111	8.05833 333	17.2833 333	41.833333 3	9.78312	1.47286	19	8	167.166667
IP-Gua-1	- 5.33434 9	39.4	646	9.325	20.1083 333	30.166666 7	16.0533	1.40712	9	8	159.333333
IP-Her-12	- 5.78155 9	39.396	590	9.40833 333	20.95	32.5	16.0533	1.40712	9	8	159.666667
IP-Hom-4	-1.68482	40.8179	1293	3.625	16.5416 667	45.833333 3	11.0798	1.42638	19	6	156.75
IP-Hor-0	2.6233	41.6664	473	9.00833 333	17.1166 667	61.5	16.9546	1.26056	9	6	144.75
IP-Hum-2	-3.68763	42.22829	906	5.30833 333	16.6416 667	35.333333 3	9.78312	1.47286	18	8	149.5
IP-Iso-4*	-5.37103	43.04899	1772	2.49166 667	8.98333 333	85.166666 7	11.0798	1.42638	19	8	136.583333
IP-Jim-1	-5.9173	42.2834	785	6.50833 333	17.5833 333	43.833333 3	8.73588	1.58768	18	8	158.583333
IP-Lab-7	- 4.49641 9	40.86679	984	5.13333 333	16.9666 667	30.333333 3	11.7657	1.49582	15	7	158.666667
IP-Ldd-0	-4.70619	41.5773	713	6.51666 667	18.2416 667	30.666666 7	4.33764	1.56312	5	6	164.25
IP-Lso-0	-3.16168	38.85888 9	754	8.21666 667	20.9333 333	27.333333 3	8.74954	1.49784	19	6	159
IP-Mar-1	- 3.93043 29	39.58251 59	1017	7.1	18.8	33.333333 3	10.9949	1.50058	24	6	158.666667
IP-Men-2	- 4.34422 9	39.6589	726	8.725	20.8333 333	29.666666 7	16.0533	1.40712	19	6	157.166667
IP-Moa-0	0.69882 1	42.46329	1205	4.425	14.5333 333	82	24.2795	1.19524	23	5	152.75
IP-Moc-11	-5.63954	41.56629	670	6.99166 667	18.3166 667	36.666666 7	9.78312	1.47286	21	8	163.416667
IP-Mon-5	- 4.38300 09	38.06069	306	10.775	23.2666 667	26	16.0533	1.40712	19	6	159.833333
IP-Mos-1	- 7.10902 9	40.0418	516	9.575	19.25	44	7.92982	1.4998	21	5	145.25
IP-Mot-0	- 6.23662 9	38.19259	538	9.60833 333	21.7583 333	32.166666 7	9.98286	1.50056	19	6	161.166667

IP-Mun-0	-5.04452	40.7119	1148	5	16.4666 667	34.833333 3	15.7751	1.24894	18	8	163.666667
IP-Mur-0	2.00025 9	41.67499 9	925	5.81666 667	15.9	68.333333 3	11.0798	1.42638	22	7	146
IP-Nav-0	-4.64541	40.4189	793	6.7	17.7	26.833333 3	24.2795	1.19524	9	6	161.583333
IP-Nog-17	-1.59971	40.45239	1390	3.43333 333	15.6	45.166666 7	11.0798	1.42638	19	6	158.166667
IP-Orb-10	-1.22837	42.97359	772	5.975	15.1333 333	74.833333 3	11.0798	1.42638	22	7	144.833333
IP-Oso-0	-4.35923	42.44429	816	5.75833 333	17.0666 667	35.666666 7	9.78312	1.47286	18	8	154.666667
IP-Pal-0	1.2982	42.3431	1536	3.71666 667	13.1166 667	83.333333 3	24.2795	1.19524	23	5	147.416667
IP-Pan-0*	- 0.23116 8	42.76129	1802	3.36666 667	9.25833 333	92.166666 7	16.515	1.31	20	5	145.75
IP-Pds-1	-6.44916	42.8744	877	5.55	14.4833 333	68	22.6815	1.2389	20	5	146
IP-Pob-0	1.02662	41.3547	733	5.925	16.4833 333	47.833333 3	9.78312	1.47286	49	8	156.833333
IP-Pro-0	- 6.01072 9	43.27779	554	7.65	15.2833 333	74.666666 7	11.0798	1.42638	19	8	132.5
IP-Pue-0	-3.0501	42.75139	498	6.88333 333	17.175	55.166666 7	11.0798	1.42638	49	8	135.583333
IP-Rds-0	2.98768	41.8583	314	9.575	18.2166 667	52.333333 3	11.6585	1.4716	9	6	144.75
IP-Rei-0	-7.59349	38.7458	440	9.85833 333	20.1833 333	35.166666 7	7.92982	1.4998	21	5	147.75
IP-Rel-0	-2.70431	38.6034	987	7.225	19.9166 667	29.666666 7	7.60002	1.41582	19	6	159
IP-Ren-6	- 4.21236 9	42.77129	907	5.375	15.4583 333	46.166666 7	9.78312	1.47286	21	8	145
IP-Rev-0*	-4.1082	40.86209	1165	4.79166 667	16.0083 333	39.333333 3	11.7657	1.49582	9	6	158.666667
IP-Ria-0	2.1726	42.3363	1102	3.925	14.125	78.666666 7	16.515	1.31	23	5	139.166667
IP-Sac-0	-6.69728	42.1278	1043	5.48333 333	14.0833 333	56.333333 3	22.6815	1.2389	20	5	146.916667
IP-San-10	-3.50769	38.3325	575	8.90833 333	21.325	24.166666 7	16.0533	1.40712	9	6	160.166667
IP-Scm-0	-3.57315	38.6815	726	8.60833 333	21.0416 667	26.833333 3	16.0533	1.40712	19	6	158.5
IP-Sdv-3	-5.12162	42.83749	985	5.05	14.5916 667	48.833333 3	24.2795	1.19524	18	8	151.916667
IP-Ses-0	-1.63033	41.48469	765	5.99166 667	17.425	36	9.78312	1.47286	19	6	156.333333
IP-Sne-0	-3.38063	37.08664 9	2549	0.675	8.60833 333	60.166666 7	9.78312	1.47286	22	7	159.916667
IP-Stp-0	- 3.58031 9	41.19339	1125	4.7	15.7083 333	35.5	8.73588	1.58768	21	5	155.25
IP-Svi-0	- 7.39494 9	43.39679	435	8.39166 667	16.2833 333	78.833333 3	24.2795	1.19524	20	5	129.416667

IP-Tam-0	-3.27042	41.02839	1029	5.44166 667	16.4583 333	30.166666 7	24.2795	1.19524	23	5	154.25
IP-Tdc-0	- 1.88447 9	41.49689	892	6.16666 667	17.4	36.5	9.78312	1.47286	19	6	156.333333
IP-Tor-1	-2.8346	41.5966	1003	4.95833 333	16.7583 333	34.166666 7	8.73588	1.58768	21	8	153
IP-Trs-0	-5.49141	43.365	241	8.675	16.9	67.333333 3	11.0798	1.42638	19	8	136.583333
IP-Vad-0	-3.59029	42.8594	768	5.84166 667	15.9666 667	58.333333 3	11.0798	1.42638	23	5	140.25
IP-Vae-2	-5.44285	42.10439	744	6.61666 667	17.75	35.833333 3	8.73588	1.58768	24	6	159.75
IP-Vav-0*	-8.01726	38.5337	226	10.725	21.525	31.333333 3	9.0379	1.53516	9	7	143.583333
IP-Vaz-0	-2.98759	42.2616	1526	3.54166 667	11.4	60.333333 3	24.2795	1.19524	23	5	145.833333
IP-Vdm-0	1.00749	42.03679	1116	5.01666 667	15	66	11.0798	1.42638	19	6	147.416667
IP-Vdt-0	-5.49507	40.89079	799	6.53333 333	18.0083 333	29.5	10.9949	1.50058	15	7	163.666667
IP-Ver-5*	- 7.44765 9	41.94899 9	439	8.00833 333	19.2833 333	97.666666 7	24.2795	1.19524	23	5	144
IP-Vid-1*	- 7.84407 9	38.22489	243	10.2666 667	22.0166 667	30.166666 7	9.79668	1.47438	23	6	151.583333
IP-Vig-1	-2.53003	42.30899 9	654	5.80833 333	17.2583 333	39	11.0798	1.42638	21	8	145.833333
IP-Vim-0*	-6.50881	41.8783	681	6.84166 667	17.8416 667	43.333333 3	24.2795	1.19524	23	5	150.083333
IP-Vin-0	-5.76958	42.7989	1056	4.43333 333	14.4916 667	57.166666 7	24.2795	1.19524	23	5	152.166667
IP-Vis-0	-6.0442	39.8472	280	10.4583 333	21.6166 667	27.833333 3	16.0533	1.40712	9	8	157.5
IP-Voz-0	-1.87809	41.8455	951	4.95	16.6166 667	42.5	11.0798	1.42638	23	5	154.166667
IP-Vpa-1	-3.96478	40.49519	653	8.375	20.1583 333	26.5	15.7751	1.24894	15	7	166.166667
Is-0	7.5	50.5	257	5.16666 667	12.8833 333	69.333333 3	18.2923	1.28022	20	5	109.833333
ISS-20	3.71	43.92	156	8.41666 667	18.3083 333	44.5	8.33528	1.46496	24	8	149.416667
IST-29	5.33	47.58	270	5.84166 667	14.3916 667	66.166666 7	10.7016	1.43182	22	7	123
Istisu-1	48.56	38.98	129	8.875	17.875	36.5	10.5938	1.446	24	5	156.75
Je-0*	11.587	50.927	154	4.625	13.275	58.833333 3	12.12	1.47012	21	8	108.583333
Jea	7.333	43.6833	0	13.1	18.575	41.166666 7	11.7103	1.39224	0	0	153.416667
Jl-3	16.6166	49.2	216	5.725	13.5166 667	53.5	15.2051	1.3557	0	0	116.416667
K-oze-1	82.18	51.35	350	- 2.63333 333	8.36666 667	52.166666 7	8.17	1.465	23	7	125.083333
K-oze-3	82.16	51.34	418	-2.775	8.3	52.333333 3	9.615	1.305	23	7	125.083333

Kaevling e-1	13.1	55.8	17	4.69166 667	11.225	49.333333 3	12.4009	1.49552	21	8	112.25
Kal-2	13.9519	56.047	103	3.44166 667	10.825	55.5	20.0539	1.2673	21	5	110.666667
Kar-1*	74.3667	42.3	2466	-8.575	6.29166 667	50.333333 3	14.9596	1.5935	24	7	151.833333
Karag-1	59.44	51.37	285	- 2.55833 333	8.11666 667	30.333333 3	8.28	1.1	25	7	125.833333
Kas-1*	77	35	5507	- 18.9833 333	- 10.0833 333	13.333333 3	14.9586	1.38632	23	8	156.75
Kastel-1*	34.3814	44.6419	283	8.025	14.975	45.5	10.333	1.45292	48	7	143.583333
KBG2-13	9.01	48.53	401	4.98333 333	13.3916 667	72.833333 3	10.8415	1.57626	21	7	120.5
Kent	0.4	51.15	94	5.825	13.9583 333	50.166666 7	9.09834	1.59122	19	6	103.833333
Kia-1	14.302	56.0573	40	3.775	11.1666 667	46	12.4009	1.49552	22	7	112
KI-5	6.9666	50.95	54	7.15833 333	14.4083 333	70.666666 7	13.8612	1.51716	0	0	106.5
Kni-1	13.4	55.66	83	4.09166 667	11.0833 333	53.5	12.4009	1.49552	22	7	112.25
Knjas-1	22.29	43.54	306	5.30833 333	15.8833 333	57.833333 3	14.51	1.32358	10	5	133.666667
Knox-18	-86.621	41.2816	219	4.15	15.4833 333	93.666666 7	7.30248	1.55516	6	7	132.75
Koch-1*	29.3244	50.3553	180	2.70833 333	11.3083 333	62.166666 7	16.5205	1.44828	11	5	121.666667
Kolar-1	23.14	41.37	331	6.75833 333	17.9333 333	39.333333 3	15.3441	1.33508	56	7	147.416667
Koln	7	51	48	7.56666 667	14.4916 667	68.833333 3	13.8612	1.51716	0	5	106.916667
Kolyv-2	82.56	51.31	500	- 2.65833 333	8.2	55.333333 3	8.17	1.465	21	7	126.833333
Kolyv-5	82.55	51.32	475	-2.85	8.425	55.833333 3	8.17	1.465	21	7	126.833333
Kolyv-6	82.54	51.33	468	-3.05	8.53333 333	55.666666 7	8.17	1.465	21	7	126.833333
Kondara	68.49	38.48	939	7.05833 333	20.5333 333	42.5	7.70028	1.42624	32	7	162.416667
Kor-3	16.1494	57.2746	80	1.95833 333	11.05	46.833333 3	23.3092	1.2041	10	5	112.416667
Koren-1	25.69	41.83	180	6.74166 667	18.2416 667	45.333333 3	9.79668	1.47438	20	6	145.25
Kro-0	8.96617	50.0742	107	6.175	14.1583 333	60.333333 3	12.3545	1.33752	21	8	111.75
Krot-0*	11.5722	49.631	422	4.79166 667	12.9	77.833333 3	12.341	1.47492	4	4	113.5
Kru-3	18.3837	57.721	15	3.95	10.0416 667	37.333333 3	27.3043	1.06602	21	8	76
Kulturen-1	13.196	55.705	48	4.9	11.4083 333	49.333333 3	12.4009	1.49552	21	8	112.25
Kus2-2	9.11	48.52	425	4.66666 667	13.3166 667	73	10.8415	1.57626	23	6	120.5

KYC-33	-84.4639	37.9169	284	6.35833 333	18.9916 667	109.33333 3	10.6446	1.48824	24	6	138.583333
Kyoto	135.752	35.0085	44	6.16666 667	15.6666 667	173.5	8.41534	1.39346	46	5	126.166667
La-0	15.5	52.5	61	4.95833 333	12.7833 333	52	4.33764	1.56312	5	6	115.333333
Lag1-2	46.2831	41.8296	485	8.04166 667	16.65	78.5	10.185	1.4578	24	7	140.666667
Lan-0	-3.78181	55.6739	185	4.16666 667	10.4916 667	84.5	12.3325	1.42902	20	5	89.4166667
Lc-0*	-4	57	553	4.725	11.125	108.16666 7	49.4349	0.88042	6	4	85.5
LDV-18	-4.0667	48.5167	92	7.70833 333	14.6333 333	67.666666 7	9.09834	1.59122	22	7	77
Le-0	4.49015	52.1611	4	0	0	60.5	12.8383	1.35136	49	6	85
Lebja-2	80.82	51.67	247	-2.275	7.58333 333	33.333333 3	0	1.6	0	0	118.25
Lebja-4	80.83	51.63	256	- 3.38333 333	8.33333 333	33.833333 3	15.06	1.27	5	6	118.25
LEC-25*	4.14	43.91	243	8.60833 333	18.3	50.833333 3	9.0584	1.42814	24	8	155.916667
Leo-1*	-3.11	41.8	1096	4.84166 667	15.75	33.166666 7	11.0798	1.42638	24	8	152.5
Ler-1	10.8719	47.984	616	3.225	11.85	101	9.09834	1.59122	9	7	120.5
Lerik1-3	48.6131	38.7406	367	7.6	17.2166 667	42.333333 3	10.5938	1.446	24	5	156.75
Leska-1	24.98	41.54	741	4.44166 667	15.925	51.333333 3	15.3441	1.33508	20	5	142.25
Lesno-1	51.9	53.04	79	0.2	8.925	42.833333 3	10.562	1.17	5	6	113
Li-2:1	8	50.5	258	4.75	12.9583 333	61.833333 3	12.7695	1.48812	23	6	110.416667
Li-7*	8.0666	50.3833	142	5.29166 667	13.8833 333	55	15.7405	1.32192	22	7	110.416667
LI-OF-065	-72.9069	40.7777	7	6.31666 667	16.3666 667	88.666666 7	17.2924	1.23094	20	5	66
Liarum	13.821	55.9473	141	2.98333 333	10.5083 333	57.666666 7	20.0539	1.2673	21	5	112.666667
LIN S-5*	-71.4378	41.8972	76	4.29166 667	15.2166 667	97.833333 3	16.2456	1.2748	13	5	132.666667
Lip-0	19.3	50	239	3.84166 667	12.9833 333	73.666666 7	10.7702	1.59654	21	7	120.25
Liri-1	13.7710 45	41.41353 8	33	10.1583 333	20.0083 333	51.333333 3	11.1356	1.47818	9	7	150
Lis-2	14.775	56.0328	0	0	0	0	0	0	20	5	113.333333
Lisse	4.5667	52.25	0	6.425	13.2083 333	58.833333 3	12.8383	1.35136	22	7	105.833333
LL-0	2.49	41.59	281	10.0833 333	18.75	56.333333 3	16.9546	1.26056	9	6	146
Lm-2	0.5	48	139	6.76666 667	15.3416 667	51.333333 3	13.4582	1.50448	24	6	122.5

Lom1-1	13.9	56.09	40	3.39166 667	11.125	52.5	20.0539	1.2673	21	5	110.666667
Lp2-6	16.81	49.38	573	2.93333 333	10.8083 333	65	15.2051	1.3557	20	5	116.416667
LP3413.4 1	- 86.8512 9	41.68619	196	4.40833 333	15.175	91.5	7.30248	1.55516	6	7	131.833333
Lu-1	13.2	55.71	68	4.85	11.3416 667	50.833333 3	12.4009	1.49552	21	8	112.25
Lu3-30	9.09	48.53	341	4.96666 667	13.6833 333	70.5	10.8415	1.57626	22	7	120.5
Malii-1	22.3045 07	43.70603 29	197	5.60833 333	16.6083 333	57	13.4009	1.63472	56	7	133.666667
MAR-4- 16	3.94	47.45	341	5.65833 333	13.6833 333	67.833333 3	10.7133	1.5212	20	5	125.916667
MAR2-3	3.9333	47.35	400	5.59166 667	13.2583 333	69.333333 3	16.4227	1.2631	10	5	125.916667
Marce-1	16.47	38.92	190	11.6416 667	20.5416 667	46.166666 7	10.9215	1.5342	22	7	165
Masl-1	81.31	54.13	162	-3.55	6.18333 333	36.333333 3	11.2876	1.47732	5	6	110.916667
Mdn-1	-86.509	42.051	193	3.925	14.9166 667	85.333333 3	7.30248	1.55516	6	7	70
Melic-1	16.04	38.45	93	12.6	21.9083 333	42	9.80334	1.53512	22	7	166.916667
Melni-2	23.39	41.53	461	6.93333 333	17.1166 667	43	9.79668	1.47438	56	7	140.916667
Mer-6*	- 6.33640 9	38.91709	219	10.6	23.0416 667	27.5	21.5344	1.33742	21	5	160.25
Mh-0	20.5	53.5	148	3.48333 333	10.9	56.5	10.9368	1.52508	5	4	115.833333
MIC-31	-86.4366	41.8266	229	4.025	15	89.666666 7	11.2826	1.5466	21	6	131
MIL-2	4.69611 1	48.51555 5	124	6.24166 667	15.1333 333	61.333333 3	15.2755	1.51154	6	8	120.75
Mir-0	12.37	44	150	8.89166 667	17.9666 667	66.833333 3	8.47008	1.56138	26	7	138.75
Mitterber g-1-180	11.28	46.36	384	5.575	14.9833 333	74.166666 7	16.9682	1.28188	20	5	128.25
MNF- Che-2	-86.1843	43.5251	214	2.19166 667	13.3416 667	70.833333 3	18.4876	1.29284	4	5	127.75
MNF- Jac-12	-86.1739	43.5187	218	2.19166 667	13.3333 333	70.833333 3	18.4876	1.29284	4	5	127.75
MNF-Pin- 39	-86.1788	43.5356	218	2.15	13.3166 667	71.333333 3	18.4876	1.29284	4	5	127.75
MNF- Pot-21	-86.2657	43.595	261	2.15833 333	13.025	72.333333 3	18.4876	1.29284	4	5	127.75
MNF-Riv- 21	-86.1859	43.5139	208	2.29166 667	13.4083 333	70.833333 3	18.4876	1.29284	4	5	127.75
Mnz-0*	8.26664	50.001	94	6.05	14.0416 667	51.333333 3	15.7405	1.32192	0	0	110.416667
MOL-1	4.21805 559	47.10333 2	437	5.38333 333	13.4666 667	70.666666 7	16.4227	1.2631	10	5	125.5
MOU2- 25	4.30694	43.98444	93	8.61666 667	19.325	51.833333 3	12.255	1.4373	19	8	155.916667

Mrk-0	9.3	49	227	4.825	13.2083 333	71	10.1564	1.55014	22	7	120.5
Ms-0	37.6322	55.7522	146	1.03333 333	8.63333 333	65.333333 3	7.02272	1.66144	11	5	109.916667
Mt-0*	22.46	32.34	278	12.3916 667	24.3	3	5.27218	1.45852	5	8	193.25
Mv-0	-70.6652	41.3923	11	5.86666 667	14.6666 667	93.5	18.9013	1.27944	4	5	63
Mz-0*	8.3	50.3	309	5	12.55	61.5	15.7405	1.32192	20	5	110.416667
N13	34.15	61.36	207	-1.775	5.85833 333	57.333333 3	22.1005	1.16328	11	5	97.75
Na-1	1.5	47.5	115	6.45	16.3166 667	52	10.3065	1.53528	5	4	124.166667
Nc-1	6.25	48.6167	220	5.4	14.1666 667	62.166666 7	10.7016	1.43182	21	7	116.5
NC-6	-79.18	35	78	9.475	23.125	109.5	7.93686	1.47512	10	6	148.416667
Nemrut-1*	42.2394	38.6425	2302	0.09166 667	10.5416 667	60	8.2279	1.44332	23	8	172.75
Neo-6*	72.4667	37.35	3489	- 5.38333 333	7.66666 667	15.833333 3	4.36124	1.85572	20	7	156.833333
NFA-10	-0.6383	51.4083	69	6.26666 667	14.0333 333	50	24.2875	1.12868	4	4	106.083333
Nicas-1	16.34	38.97	298	11.4083 333	19.8333 333	50.166666 7	10.9215	1.5342	21	8	165
Nie1-2	8.8	48.52	495	3.85	13.0333 333	77.333333 3	12.341	1.47492	22	7	117.75
No-0	13.2995	51.0581	280	4.625	12.575	65.333333 3	15.9146	1.3006	23	6	110.583333
Nok-3*	4.45	52.24	3	0	0	57.333333 3	7.3502	1.45758	49	6	85
Nosov-1	80.6	51.87	229	- 2.76666 667	7.93333 333	33	0	1.6	5	6	118.25
Noveg-1	80.82	51.75	228	-2.45	7.73333 333	33.666666 7	0	1.6	5	6	118.25
Noveg-2	80.85	51.77	217	- 2.40833 333	7.61666 667	33.666666 7	0	1.6	5	6	118.25
Noveg-3	80.86	51.73	237	- 2.76666 667	7.86666 667	33.833333 3	15.06	1.27	5	6	118.25
NOZ-6	4.33	44.12	313	7.475	17.875	58	9.0584	1.42814	24	8	150.833333
Np-0*	10.981	52.6969	55	4.90833 333	13.125	53	14.5878	1.41058	9	7	107.5
Nw-0	8.5	50.5	277	5	12.55	58.5	18.2923	1.28022	20	5	111.75
Nyl-13	18.2763	62.9513	64	0.10833 333	7.375	53.666666 7	30.5661	1.17734	10	5	97.5
Ob-0*	8.5833	50.2	210	5.74166 667	13.4916 667	57.333333 3	18.2923	1.28022	22	7	111.75
Obe1-15	8.87	48.45	368	4.25833 333	13.0666 667	74.5	10.8415	1.57626	22	7	116.333333
Obh-13	8.96	48.39	514	3.86666 667	12.9083 333	80.166666 7	10.8415	1.57626	51	7	116.333333

Old-1	8.2	53.1667	13	5.275	13.025	64.6666667	19.3191	1.33652	0	0	102.75
Olympia-2	21.62	37.63	23	11.425	21.925	26.6666667	9.79668	1.47438	24	6	175.416667
Omn-1*	18.3448	62.9308	63	-0.09166667	7.675	52.5	30.5661	1.17734	10	5	97.5
Or-0	8.01161	50.3827	168	5.31666667	13.4083333	57	15.7405	1.32192	20	5	110.416667
Orast-1	23.162374	45.840871	250	4.63333333	15.1916667	60.5	12.5881	1.41452	19	6	127.583333
Ove-0	8.4225	53.3422	0	6.21666667	12.1666667	62.3333333	12.8383	1.35136	21	7	102.75
Oy-0	6.193019	60.385543	28	0	0	107.166667	21.5922	1.22724	4	4	96.6666667
Panik-1	52.15	53.05	109	-0.06666667	8.90833333	44.1666667	10.562	1.17	5	6	113.166667
Panke-1	80.31	53.82	164	-3.78333333	6.425	34.5	11.54	1.2	5	6	113.5
Parti-1	52.16	52.99	134	-0.04166667	8.8	43.6666667	10.562	1.17	5	6	115.166667
Paw-26	-86.431	42.148	189	3.68333333	15.15	83.6666667	7.30248	1.55516	6	7	130.25
Ped-0*	-3.89659	40.73969	1097	5.325	16.1333333	36	15.7751	1.24894	23	5	157.75
Per-1	56.3167	58	147	-1.93333333	6.525	54.8333333	7.02272	1.66144	11	5	99
Petergof	29	59	73	0.75	8.74166667	60.8333333	12.8554	1.50292	18	5	104.5
Pfn-10	9.09	48.54	411	4.81666667	13.3166667	72.5	10.8415	1.57626	22	7	120.5
Pfn-N2.2-6	9.11	48.56	464	4.59166667	12.7666667	74	10.8415	1.57626	23	6	120.5
PHW-2	11.2547	43.7703	61	10.0833333	19.6833333	60.1666667	13.7723	1.32598	0	0	140.833333
PHW-34	2.3086	48.6103	79	6.78333333	15.1	51.3333333	10.3065	1.53528	24	6	120.166667
Pi-0	10.51	47.04	2744	-0.35	8.2	125.333333	15.1645	1.27748	20	5	118.5
Pigna-1	14.18	41.18	62	9.83333333	20.5333333	49.5	13.7723	1.32598	9	7	147.166667
Pla-0	2.25	41.5	299	0	0	51.1666667	11.0798	1.42638	9	6	58
PLO-1	4.463333	48.5830559	154	5.875	14.875	58.8333333	12.255	1.4373	19	8	120.5
PLY-20	4.24	48.59	105	5.925	15.0666667	54.1666667	12.255	1.4373	6	8	120.5
Pna-10	-86.3253	42.0945	216	3.69166667	14.875	85.8333333	11.2826	1.5466	21	6	130.25
PNA3.40	-86.3253	42.0945	216	3.525	15.45	85.8333333	11.2826	1.5466	21	6	130.25
Po-0*	7	50.5	427	6.70833333	14.35	68	15.7405	1.32192	20	5	109.083333

Pog-0	-123.206	49.2655	78	0	0	86.5	0	0	22	6	122.083333
Pra-6	-3.53826	41.05149	1114	4.84166 667	16.2	33.666666 7	24.2795	1.19524	23	5	155.25
Pro-0	-6	43.25	377	7.8	15.7666 667	72.833333 3	11.0798	1.42638	19	8	133.666667
Pt-0*	10.6065	53.476	29	4.73333 333	12.375	59.333333 3	32.5541	1.1182	32	6	107.416667
PT2.21	-86.7368	41.3423	206	3.99166 667	15.6	94	15.899	1.43806	6	7	132.75
Pu2-23	16.36	49.42	443	4	11.8166 667	57.166666 7	15.6133	1.31544	20	5	117.083333
Puk-2	14.6806	56.1633	7	3.85	11.1166 667	47.666666 7	12.4009	1.49552	20	5	113.333333
PYL-6*	-1.16667	44.65	0	9	17.3166 667	61.333333 3	0	0	9	6	76
Qar-8a	35.84	34.1	1342	9.10833 333	20.6583 333	55.333333 3	9.5077	1.46042	47	8	178.833333
Qui-0	-6.92879	42.6929	714	6.375	15.925	69.5	22.6815	1.2389	20	5	140.166667
QUI-8	4.07916 7	44.06666 7	121	8.79166 667	18.7666 667	49.833333 3	12.255	1.4373	19	8	150.833333
Ra-0	3.3	46	317	5.08333 333	13.9416 667	63.5	12.3026	1.47344	55	8	128.666667
RAD-21	4.34	46.69	303	6.31666 667	15.0333 333	66.333333 3	16.4227	1.2631	48	7	127.5
Rak-2	16	49	345	4.11666 667	12.7333 333	56	15.2051	1.3557	20	7	122
Rakit-1	80.0625 27	51.86649 2	196	- 2.91666 667	8.175	31	5.64656	1.61832	21	7	119.083333
Rakit-3	80.0603 849	51.83702 79	183	- 2.75833 333	8.21666 667	31	5.64656	1.61832	5	6	119.083333
Rd-0	8.5	50.5	277	5	12.55	58.5	18.2923	1.28022	20	5	111.75
Rev-1	13.4504	55.6942	29	3.925	11.5416 667	51.333333 3	12.4009	1.49552	22	7	112.25
Rhen-1	5.56667	51.9667	31	5.525	13.75	63.5	11.3843	1.46652	4	4	100.25
Ri-0	-123.137	49.1632	5	7.14166 667	13.9833 333	72	16.1307	1.46728	22	6	122.083333
RMX3.22	-86.511	42.036	194	3.93333 333	15.025	85.333333 3	7.30248	1.55516	6	7	70
Rome-1	12.1	42	93	10.85	20.1333 333	22.333333 3	19.7376	1.1095	9	7	150.5
RRs-10	-86.4251	41.5609	223	4.01666 667	15.375	92.5	15.899	1.43806	12	6	131
Rsch-4	34	56.3	209	0.75	8.375	60.833333 3	7.02272	1.66144	11	5	107.416667
Rubezhn oe-1	38.28	49	134	3.36666 667	12.4666 667	45.5	11.6585	1.4716	5	6	131.916667
RUM-20	4.52	48.91	128	5.875	14.8916 667	56.833333 3	12.255	1.4373	19	8	120.75
San-2	13.74	56.07	77	3.08333 333	10.9416 667	56.666666 7	20.0539	1.2673	21	5	110.666667

Sanna-2	18	62.69	0	0.65833 333	7.65	51.166666 7	30.5661	1.17734	10	5	97.5
Sap-0	14.24	49.49	490	3.65	11.9833 333	65	15.2051	1.3557	10	5	117.333333
Sarno-1	14.57	40.84	32	10.7333 333	20.7916 667	53.166666 7	13.7723	1.32598	9	7	149.25
SAUL-24	5.21	47.43	244	6.15	14.525	65	10.7016	1.43182	49	8	125.166667
Sav-0	15.8833	49.1833	486	3.54166 667	11.4083 333	59.5	15.2051	1.3557	10	5	117.916667
Schip-1	25.33	42.72	744	3.94166 667	14.9666 667	63.5	14.51	1.32358	24	6	136.833333
Schl-7	9.22	48.6	400	4.76666 667	13.5833 333	72.666666 7	12.7695	1.48812	23	6	120.5
Seattle-0	-122.2	47	169	3.64166 667	13.3	72.166666 7	29.9325	1.05462	23	5	119.583333
Sei-0	11.5614	46.5438	1030	3.26666 667	12.1333 333	72	16.9682	1.28188	19	8	121
Sever-1	79.31	52.1	151	- 2.53333 333	8.275	30.166666 7	15.06	1.27	21	8	119.75
Sf-1	3.03333	41.78333	0	11.1416 667	19.7833 333	44	11.6585	1.4716	9	6	60
Si-0	8.02341	50.8738	265	3.9	11.2	74.5	18.2923	1.28022	20	5	107.583333
Sij 1/96	70.05	41.45	2696	-2.8	8.6	60.166666 7	12.4928	1.72934	24	7	161.166667
Sim-1	14.3398	55.56779	5	5.04166 667	11.225	44.5	0	0	22	7	114.083333
Slavi-2	23.67	41.42	1075	2.875	14.2083 333	49.833333 3	15.3441	1.33508	24	8	146.5
SLSP-31	-86.496	43.665	186	3.01666 667	12.9	72.333333 3	18.4876	1.29284	4	5	127.75
Smolj-1	24.75	41.55	1014	2.86666 667	14.175	56.833333 3	15.3441	1.33508	20	5	142.25
Sp-0	13.181	52.5339	34	5.85	13.4	50.833333 3	15.9146	1.3006	0	0	110.416667
Sparta-1	13.2145	55.7097	70	4.86666 667	11.35	51	12.4009	1.49552	21	8	112.25
Spro-1	18.2109	57.2545	18	3.675	10.2	38.166666 7	11.8835	1.4433	21	8	112
Sq-1	-0.6383	51.4083	69	6.26666 667	14.0333 333	50	24.2875	1.12868	4	4	106.083333
Sr:3	11.2	58.9	34	4.575	10.2416 667	55.5	0	0	24	8	109.166667
St-0	18	59	0	3.025	9.73333 333	45	0	0	24	8	75
Star-8	8.82	48.43	502	4	12.95	75.5	12.341	1.47492	21	7	116.333333
Stara-1	25.61	42.49	408	5.675	16.8	55.666666 7	9.79668	1.47438	24	6	141.666667
Staro-1	21.08	44.3	116	5.925	16.3333 333	62.5	12.4009	1.49552	6	8	135
Ste-0	11.8558	52.6058	34	5.39166 667	13.575	50.333333 3	11.6585	1.4716	10	5	108.833333

Stiav-1	18.9	48.46	616	2.48333 333	11.675	72.833333 3	16.1221	1.42388	20	5	130.166667
Stu1-1*	16.1284	56.4666	0	3.79166 667	10.825	42.333333 3	19.4758	1.25028	21	5	77
Stw-0*	36	52	257	1.14166 667	9.55	58.5	8.65	1.52	21	7	120.25
Su-0*	-3.00733	53.6473	10	6.61666 667	12.9666 667	60.666666 7	0	0	40	4	87
Sus-1	73.4069	42.188	2427	- 8.50833 333	6.65833 333	55	14.9596	1.5935	32	7	153.583333
T1000	13.2197	55.6525	13	5.05	11.5416 667	45.166666 7	12.4009	1.49552	21	8	112.25
T1020	13.2233	55.6514	13	5.05	11.5416 667	45.166666 7	12.4009	1.49552	21	8	112.25
T1070	13.2264	55.6481	15	4.99166 667	11.575	46	12.4009	1.49552	21	8	112.25
T1080	13.2178	55.6561	13	5.05	11.5416 667	45.166666 7	12.4009	1.49552	21	8	112.25
T1090	13.2386	55.6575	15	4.90833 333	11.6083 333	46.166666 7	12.4009	1.49552	21	8	112.25
T1110	13.2	55.6	31	4.7	11.0916 667	47.666666 7	12.4009	1.49552	21	8	112.25
T1160	13.2	55.7	51	4.95	11.4833 333	48	12.4009	1.49552	21	8	112.25
T460	13.1186	55.7931	15	4.64166 667	11.2583 333	49.333333 3	12.4009	1.49552	21	8	112.25
T470	13.1222	55.7942	15	4.64166 667	11.2583 333	49.333333 3	12.4009	1.49552	21	8	112.25
T480	13.1206	55.7989	15	4.64166 667	11.2583 333	49.333333 3	12.4009	1.49552	21	8	112.25
T530	13.1219	55.7989	15	4.64166 667	11.2583 333	49.333333 3	12.4009	1.49552	21	8	112.25
T540	13.1044	55.7967	21	4.69166 667	11.225	49.333333 3	12.4009	1.49552	21	8	112.25
T550	13.1028	55.8078	17	4.64166 667	11.2916 667	49	12.4009	1.49552	21	8	112.25
T570	13.1342	55.8097	29	4.44166 667	11.2583 333	50.5	12.4009	1.49552	21	8	112.25
T710	13.3106	55.8403	67	3.975	11.4	55.5	12.4009	1.49552	20	5	112.25
T720	13.3047	55.8411	66	4	11.3666 667	55.333333 3	12.4009	1.49552	20	5	112.25
T740	13.2881	55.8397	70	4.05833 333	11.275	54.833333 3	12.4009	1.49552	21	8	112.25
T780	13.3181	55.8369	72	3.93333 333	11.375	55.5	12.4009	1.49552	20	5	112.25
T790	13.3186	55.8386	72	3.93333 333	11.375	55.5	12.4009	1.49552	20	5	112.25
T800	13.2906	55.8364	70	4.05833 333	11.275	54.833333 3	12.4009	1.49552	21	8	112.25
T840	13.5519	55.9336	78	3.55833 333	11.0916 667	57.166666 7	20.0539	1.2673	20	5	112.666667
T850	13.5603	55.9419	90	3.425	11.0166 667	57.833333 3	20.0539	1.2673	20	5	112.666667

T860	13.5511	55.9403	78	3.55833 333	11.0916 667	57.166666 7	20.0539	1.2673	20	5	112.666667
T880	13.5539	55.9392	78	3.55833 333	11.0916 667	57.166666 7	20.0539	1.2673	20	5	112.666667
T900	13.5558	55.9428	87	3.46666 667	11.0666 667	57.5	20.0539	1.2673	20	5	112.666667
T930	13.5533	55.9497	87	3.46666 667	11.0666 667	57.5	20.0539	1.2673	20	5	112.666667
T960	13.5508	55.9319	70	3.625	11.1083 333	57	20.0539	1.2673	20	5	112.666667
T980	13.5319	55.9261	80	3.70833 333	11.0916 667	57.333333 3	20.0539	1.2673	20	5	112.666667
T990	13.2244	55.6528	13	5.05	11.5416 667	45.166666 7	12.4009	1.49552	21	8	112.25
Ta-0	14.5	49.5	606	3.175	11.5083 333	65.833333 3	15.2051	1.3557	10	5	118
TAA-04	17.7406	62.6422	150	-1.075	7.2	57.166666 7	30.5661	1.17734	10	5	97.1666667
TAA-14	17.7356	62.6425	150	-1.075	7.2	57.166666 7	30.5661	1.17734	10	5	97.1666667
Tac-0*	-122.459	47.2413	104	6.49166 667	15.525	58.166666 7	29.9161	1.1804	23	5	121.333333
Tamm-2	23.5	60	51	2.70833 333	8.525	51.833333 3	14.0392	1.32608	51	7	76
Tamm-27	23.5	60	51	2.4	8.40833 333	51.833333 3	14.0392	1.32608	51	7	76
TBO-01	18.4522	62.8892	10	0	0	0	0	0	10	5	97.5
TDr-1	14.1386	55.7683	85	4.08333 333	11	52.166666 7	20.0539	1.2673	21	5	114.083333
TDr-13	14.1331	55.7708	83	4.025	11.0166 667	52.666666 7	20.0539	1.2673	21	5	114.083333
TDr-16	14.1211	55.7719	81	3.975	11.0083 333	52.666666 7	20.0539	1.2673	21	5	114.083333
TDr-17	14.1206	55.7717	81	3.975	11.0083 333	52.666666 7	20.0539	1.2673	21	5	114.083333
TDr-2	14.1383	55.7686	85	4.08333 333	11	52.166666 7	20.0539	1.2673	21	5	114.083333
TDr-7	14.1347	55.7694	85	4.08333 333	11	52.166666 7	20.0539	1.2673	21	5	114.083333
TDr-8	14.1342	55.7706	85	4.08333 333	11	52.166666 7	20.0539	1.2673	21	5	114.083333
Teano-1	14.09	41.33	167	9.775	19.8083 333	50.166666 7	11.1356	1.47818	9	7	147.166667
TEDEN-02	18.1842	62.8836	42	0.28333 333	7.65833 333	52.166666 7	30.5661	1.17734	10	5	97.5
TEDEN-03	18.1836	62.8839	42	0.28333 333	7.65833 333	52.166666 7	30.5661	1.17734	10	5	97.5
Teiu-2	25.1654 729	44.6947	209	5.14166 667	15.9916 667	59.333333 3	8.56584	1.57578	19	6	136.083333
Tgr-01	18.1896	62.806	13	1.21666 667	7.35	51	0	0	10	5	97.5
Tha-1	4.3	52.08	6	6.76666 667	13.05	60.333333 3	12.8383	1.35136	0	0	85
Ting-1	14.9	56.5	165	2.49166 667	10.5	54.833333 3	23.3092	1.2041	10	5	113.333333

Tny-04	18.2844	62.96	119	- 0.09166 667	6.94166 667	56.333333 3	30.5661	1.17734	10	5	97.5
Toc-1	22.3318	46.00602 8	161	4.9	14.7083 333	63.166666 7	9.87862	1.5129	48	7	129.666667
Tol-0	-83.5553	41.6639	189	5.11666 667	15.2083 333	81.833333 3	11.9521	1.56746	10	6	132
TOM-04	18.35	62.9619	93	- 0.18333 333	7.43333 333	54.333333 3	30.5661	1.17734	10	5	97.5
Tomegap-2	13.2	55.7	51	4.95	11.4833 333	48	12.4009	1.49552	21	8	112.25
Tottarp-2	13.9004 5	56.27373	80	3.18333 333	10.6666 667	57.333333 3	23.3092	1.2041	22	7	110.666667
TOU-A1-88	4.11667	46.6667	251	6	15.4916 667	65.666666 7	16.4227	1.2631	48	7	127.5
TRE-1	4.1	48.86	113	5.825	14.7916 667	51.833333 3	12.255	1.4373	18	8	120.5
Ts-1	2.93056	41.7194	21	0	0	46.666666 7	16.9546	1.26056	9	6	144.75
Ts-5	2.93056	41.7194	21	11.3083 333	19.675	46.666666 7	16.9546	1.26056	9	6	144.75
Tscha-1	9.9042	47.0748	751	2.81666 667	10.45	112.5	15.1645	1.27748	20	5	119.5
Tsu-0	136.31	34.43	217	9.925	18.9166 667	193.33333 3	15.116	1.13856	23	8	129.75
Tu-0	7.5	45	287	7.09166 667	17.3	80.5	9.80334	1.53512	22	7	142.583333
TueSB30-3	9.05830 6	48.53344 2	458	4.95833 333	13.1333 333	74.5	10.8415	1.57626	22	7	120.5
Tuescha9	9.05033 3	48.53443 9	458	4.95833 333	13.1333 333	74.5	10.8415	1.57626	22	7	120.5
TueV13	9.05197 8	48.52322 8	335	5.16666 667	13.7583 333	70.666666 7	10.8415	1.57626	22	7	120.5
TueWa1-2	9.03451 7	48.53418 6	445	4.96666 667	13.1666 667	73.666666 7	10.8415	1.57626	21	7	120.5
Tul-0	-85.2563	43.2708	265	2.225	13.55	78	18.4876	1.29284	4	5	127.833333
Tur-4	14.8043	57.6511	268	1.6	9.08333 333	56.166666 7	23.3092	1.2041	21	5	107.666667
TV-10	14.3336	55.5796	3	0	0	0	0	0	22	7	114.083333
Ty-0	-5.23439	56.4278	22	6.48333 333	11.6333 333	87.166666 7	0	0	40	4	85.6666667
Ty-1	-5.2	56.4	178	5.55833 333	11.225	101.83333 3	54.9188	0.7901	10	5	85.6666667
UK-1	7.7667	48.0333	212	6.05	14.8416 667	80.833333 3	10.1564	1.55014	21	7	116.333333
UKID107	-3.1	52.9	250	4.74166 667	12.0916 667	72.166666 7	12.3325	1.42902	19	6	95.1666667
UKID114	-0.6	51.8	194	5.74166 667	13.3416 667	56.5	12.12	1.47012	24	6	102.333333
UKID63	-1.5	54.1	25	5.48333 333	12.9666 667	49.833333 3	10.7133	1.5212	19	6	93.5
UKID74	-3.1	51	26	6.83333 333	14.325	62.833333 3	9.09834	1.59122	22	6	107

UKID96	-5.5	57.4	0	0	0	0	54.9188	0.7901	40	4	78.1666667
UKNW06-003	-3	54.5	527	2.675	9.1	150.5	27.2202	1.18888	20	5	95.75
UKNW06-403	-3.4	54.7	104	5.725	11.9166667	74.6666667	12.0427	1.55006	21	5	94.6666667
UKNW06-481	-2.9	54.4	237	4.39166667	11.6666667	112.3333333	35.3151	1.07706	20	5	95.75
UKSE06-118	0.5	51.3	29	6.7	14.0166667	44.6666667	10.8814	1.50222	22	7	107.916667
UKSE06-325	-1.7	52.2	60	5.41666667	13.7416667	48.3333333	11.7826	1.55702	49	7	100.5
UKSE06-362	0.4	51.3	34	6.20833333	13.8916667	45.8333333	10.8814	1.50222	22	7	103.833333
UKSE06-432	0.3	51.2	23	5.99166667	14.1	47.6666667	13.1366	1.53336	19	7	103.833333
UKSE06-470	0.4	51.2	12	5.96666667	14.1416667	46.8333333	9.09834	1.59122	51	6	103.833333
UKSE06-500	0.6	51.1	59	5.90833333	13.8166667	49.8333333	9.09834	1.59122	51	6	107.916667
UKSE06-533	1.1	51.3	39	6.89166667	13.8666667	43.3333333	10.8814	1.50222	22	7	110.916667
UKSW06-179	-4.9	50.4	122	7.23333333	13.575	68	12.3325	1.42902	10	5	112.25
UKSW06-302	-4.8	50.3	61	7.925	13.6666667	62.1666667	12.3325	1.42902	0	0	112.25
UKSW06-333	-4.599999	50.3	0	7.95	13.2583333	0	12.3325	1.42902	0	0	112.25
UKSW06-360	-4.5	50.5	225	6.58333333	13.125	74	12.3325	1.42902	20	5	80
Ulies-1	22.6226249	45.946472	173	4.975	14.9583333	60.6666667	12.5881	1.41452	6	8	127.666667
Ull2-3	13.9707	56.0648	32	3.50833333	11.2166667	53	20.0539	1.2673	22	7	110.666667
Ullapool-8	-5.1525	57.9	0	0	0	0	54.9188	0.7901	40	4	78.1666667
Uod-2	14.45	48.3	327	0.35	8.2	76.3333333	15.6133	1.31544	18	8	122.833333
Utrecht	5.1145	52.0918	7	5.7	13.4833333	63.1666667	40.431	0.65372	21	8	103.166667
Van-0	-123	49.3	0	0	0	0	0	0	22	6	122.666667
Vash-1	46.37	41.24	418	8.575	17.5	58.8333333	15.06	1.27	32	7	142.833333
VED-10	3.89	43.74	128	9.65833333	18.9833333	43.6666667	12.255	1.4373	19	8	149.416667
Ven-1	5.55	52.0333	9	5.525	13.75	63.6666667	32.5541	1.1182	4	4	100.666667

Vie-0	0.76376 9	42.62769	1708	3.71666 667	9.73333 333	97.833333 3	16.515	1.31	9	8	144.166667
Vimmerby	15.8	57.7	117	1.85	10.5916 667	54.166666 7	23.3092	1.2041	10	5	109.833333
Vind-1	-2.3671	54.9902	185	4.35833 333	11.9833 333	67	39.9193	1.15034	21	5	90.5
Vinsloev	13.9167	56.1	29	3.36666 667	11.275	52.833333 3	20.0539	1.2673	21	5	110.666667
Wa-1	21	52.3	80	4.25	12.45	49.5	11.6585	1.4716	21	7	119.583333
Walhaes B4	9.18553 1	48.59555 6	438	4.61666 667	13.1166 667	73.833333 3	12.7695	1.48812	23	6	120.5
WAR	-71.2825	41.7302	0	5.23333 333	15.1583 333	97.333333 3	16.2456	1.2748	13	5	132.666667
WAV-8	2.99	50.65	33	6.675	14.1416 667	58	9.09834	1.59122	0	0	115.333333
Wc-1	10.0667	52.6	39	4.8	12.6833 333	58.5	35.6591	1.3569	21	7	107.083333
Wei-0	8.26	47.25	631	5.75833 333	13.8583 333	118.83333 3	12.7505	1.4819	19	6	114.916667
WestKar- 4	74.16	42.26	2305	- 8.59166 667	5.64166 667	46.666666 7	7.5075	1.7684	24	7	151.833333
Ws-0*	30	52.3	136	2.5	10.2833 333	60	23.3664	1.29774	11	5	119
Wt-5	9.3	52.3	103	2.95833 333	11.2	63.166666 7	9.63948	1.53818	22	7	105.583333
Wu-0*	9.9361	49.7878	188	5.425	13.9083 333	53.166666 7	12.341	1.47492	0	0	116.5
Xan-1	48.7992	38.6536	55	8.96666 667	18.1166 667	45	12.6413	1.54182	24	5	156.75
Yeg-1	45.36	39.87	1588	1.74166 667	12.8	45.166666 7	18.209	1.27614	27	7	159
Yo-0*	- 119.675 29	37.69966 2	2210	1.825	12.8916 667	44.666666 7	12.9968	1.37316	24	5	168.5
Yst-1	13.8484	55.42419	0	0	0	0	12.4009	1.49552	22	7	80
Zagub-1	21.71	44.23	271	4.74166 667	15.4083 333	62.666666 7	12.5881	1.41452	10	5	132.25
Zal-1*	76.35	42.8	2560	-4.1	6.88333 333	44.666666 7	12.4928	1.72934	24	7	147.5
Zdarec3	16.2667	49.3667	422	3.36666 667	11.7333 333	56.833333 3	15.6133	1.31544	20	5	117.083333
Zdr-1	16.2544	49.3853	503	4.99166 667	13.4	59.166666 7	15.6133	1.31544	20	5	117.083333
Zdrl 1-23	16.2544	49.3853	503	3.16666 667	11.3	59.166666 7	15.6133	1.31544	20	5	117.083333
Zu-0	8.55	47.3667	443	5.81666 667	13.4666 667	104	12.7505	1.4819	20	5	114.833333
Zupan-1	18.72	45.07	80	6.33333 333	16.3416 667	66.166666 7	9.86604	1.5103	23	6	131.083333

Tabla A2. Tabla resultante de la comparación entre la tabla generada en este trabajo y la tabla generada por el grupo de Davila-Olivas et al, 2017. Se muestran los valores de cada variable de 110 accesiones y su estrategia de vida.

Acc	Alt	Pre	Min	Max	Ph	Ar	Lon	Lat	Rad	Car	Nit	Tipo
Aa-0	368	64.7	4.3	11.8	6.5	22	10	51	13.1	15.7	1.3	SUMMER
Amel-1	0	65.5	5.7	13	6.2	49	5.8	53.1	10.3	12.8	1.4	SUMMER
An-1	13	66.5	6.4	13.9	4.4	4	4.5	51.5	11	32.6	1.1	SUMMER
Ang-0	211	81.4	4.9	11.7	5.1	20	5	50	12.3	15.7	1.3	SUMMER
Baa-1	19	60.6	6	14	6.5	22	6.1	51.3	12	13.9	1.5	SUMMER
Bay-0	570	65.4	4	11.9	7.5	19	11	49	13.2	12.3	1.5	SUMMER
Blh-1	446	54.4	4.5	11.8	6.5	47	19	48	14.4	10.9	1.5	SUMMER
Boot-1	184	119.3	4.5	11.6	5.1	20	-3.3	54.4	9.9	35.3	1.1	SUMMER
Bor-1	506	46.7	3.1	11.3	5.1	20	16.2	49.4	13.4	15.6	1.3	SUMMER
Bsch-0	129	49.7	6.1	14	8	21	8.5	50	13.1	12.4	1.3	SUMMER
Bu-0	382	78	4.1	11.5	5.1	20	9.5	50.5	12.9	12.8	1.5	SUMMER
Bur-0	48	79.3	6	13.3	0	0	-8	53.5	10	0	0	SUMMER
C24	27	75.3	10.6	21.5	5.1	21	-8.4	40.2	13.5	18	1.3	SUMMER
Ca-0	204	59	5	12.6	5.1	20	8.5	50.5	12.5	18.3	1.3	SUMMER
Chat-1	138	52.6	6.5	15.2	7.5	19	1.3	48.1	12.7	13.5	1.5	SUMMER
Cnt-1	39	49.8	6.9	13.9	6.5	22	1.1	51.3	10.4	10.9	1.5	SUMMER
Com-1	43	52	6.7	14.7	6.2	5	2.8	49.4	12.6	12.8	1.5	SUMMER
Ct-1	32	40.8	13.1	22.5	5.9	21	15	37.3	15.9	9.2	1.5	SUMMER
Duk	346	42.7	4.5	12.7	5.1	20	16.2	49.1	13.8	15.2	1.4	SUMMER
Est-1	63	55.3	1.3	9.1	7.7	23	25.5	58.5	11.9	7	1.7	SUMMER
Fei-0	183	98.4	9.9	19.1	5.3	23	-8.5	40.9	12.4	24.3	1.2	SUMMER
Ga-0	365	63.5	4.8	13	6.2	23	8	50.5	12.2	12.8	1.5	SUMMER
Gel-1	38	63.7	6	13.9	4.4	4	5.6	51	11.8	39.1	1.3	SUMMER
Gie-0	163	59	5	12.6	5.1	20	8.5	50.5	12.5	18.3	1.3	SUMMER
Gr-1	364	70.1	4.3	13.6	4.5	20	15.5	47	14.4	11.5	1.5	SUMMER
Gy-0	182	55.3	6.8	14.4	0	0	2	49	12.4	13.5	1.5	SUMMER
Ha-0	60	56.3	5.4	13.2	4.4	4	9.5	52.5	12.7	19.3	1.3	SUMMER
Hey-1	30	61.3	5.8	14	4.4	4	5.9	51.3	11.8	32.6	1.1	SUMMER
Hh-0	25	70.8	5	11.8	6.5	22	9.9	54.4	10.8	0	0	SUMMER
Hi-0	0	65.7	5.8	13.7	6.2	49	5	52	11.2	11.4	1.5	SUMMER
Hn-0	275	89.3	4.2	11.4	5.1	20	8.5	51.5	11.6	9.6	1.5	SUMMER
Hs-0	165	56.3	5.4	13.2	4.4	4	9.5	52.5	12.7	19.3	1.3	SUMMER
HSm	551	48	3	11	5.1	20	15.8	49.3	13.4	15.6	1.3	SUMMER
Je-0*	154	52.5	4.6	13.3	7.3	51	11.5	51	12.9	12.1	1.5	SUMMER
Jl-3	216	41.9	5.7	13.5	0	0	16.6	49.2	13.9	15.2	1.4	SUMMER
Kl-5	54	66.5	7.2	14.4	0	0	7	51	12.6	13.9	1.5	SUMMER

KoIn	48	66.7	7.6	14.5	0	0	7	51	12.7	13.9	1.5	SUMMER
Kro-0	107	58.3	6.2	14.2	8	21	9	50.1	13.2	12.4	1.3	SUMMER
Lc-0*	553	144.5	4.7	11.1	4.5	10	-4.5	57.5	9.3	24.3	1.1	SUMMER
Ler-1	616	44.8	5	12.8	4.3	5	15.5	52.5	12.8	4.3	1.6	SUMMER
Li-7*	142	54	5.3	13.9	6.5	22	8.1	50.4	12.5	15.7	1.3	SUMMER
Liarum	141	65.1	3	10.5	5.1	21	13.8	55.9	10.4	20.1	1.3	SUMMER
Lip-0	239	61.7	3.8	13	6.5	22	19	50	13.9	9.4	1.6	SUMMER
LL-0	281	64	10.1	18.8	5.6	9	2.5	41.6	11.6	17	1.3	SUMMER
Lm-2	139	57.8	6.8	15.3	6.3	24	0.5	48	12.9	13.5	1.5	SUMMER
Lom1-1	40	57.2	3.4	11.1	5.1	21	13.9	56.1	10.6	20.1	1.3	SUMMER
Lp2-6	573	52.3	2.9	10.8	5.1	20	16.8	49.4	13.4	15.2	1.4	SUMMER
Mh-0	148	49.2	3.5	10.9	4.3	5	20.5	53.5	13	10.9	1.5	SUMMER
Mnz-0*	94	49.7	6.1	14	8	21	8.5	50	13.1	12.4	1.3	SUMMER
Mrk-0	227	90.3	4.8	13.2	7.3	51	9.5	49	13.1	10.2	1.6	SUMMER
Mt-0*	278	9.8	12.4	24.3	8.1	5	22.5	32.3	17.1	5.3	1.5	SUMMER
Mz-0*	309	59	5	12.6	5.1	20	8.5	50.5	12.5	18.3	1.3	SUMMER
N13	207	54.6	-1.8	5.9	5.4	11	34.2	61.4	13.2	22.1	1.2	SUMMER
Na-1	115	55.6	6.5	16.3	4.3	5	1.5	47.5	12.9	10.3	1.5	SUMMER
Nc-1	220	65.2	5.4	14.2	7.2	21	6.3	48.6	12.9	10.7	1.4	SUMMER
No-0	280	58.4	4.6	12.6	6.2	23	13.3	51.1	12.5	15.9	1.3	SUMMER
Nw-0	277	59	5	12.6	5.1	20	8.5	50.5	12.5	18.3	1.3	SUMMER
Old-1	13	64.9	5.3	13	4.4	4	8	53	11.9	19.3	1.3	SUMMER
Or-0	168	56.8	5.3	13.4	5.1	20	8	50.4	12.4	15.7	1.3	SUMMER
Oy-0	28	0	0	0	7.5	9	6.1	60.2	9.3	21.6	1.2	SUMMER
Petergof	73	58.8	0.8	8.7	5.3	18	29	59	12.9	12.9	1.5	SUMMER
Pla-0	299	0	0	0	0	0	2.5	41.5	11.9	0	0	SUMMER
Pro-0	377	82	7.8	15.8	6.5	22	-6	43.2	12.8	11.1	1.4	SUMMER
Pu2-23	443	42.8	4	11.8	5.1	20	16.4	49.4	13.5	15.2	1.4	SUMMER
Ra-0	317	62.2	5.1	13.9	5.1	10	3	46	13.5	17.5	1.2	SUMMER
Rak-2	345	43.6	4.1	12.7	6.5	22	16	49	13.8	15.2	1.4	SUMMER
Rhen-1	31	66.5	5.5	13.8	5.6	32	5.6	52	11.6	11.4	1.5	SUMMER
Rsch-4	209	53.8	0.8	8.4	5.4	11	34	56.3	14.2	7	1.7	SUMMER
Sap-0	490	54.4	3.7	12	5.1	10	14.2	49.5	13.6	15.2	1.4	SUMMER
Sei-0	1030	57.2	3.3	12.1	7.5	19	11.5	46.5	14.1	17	1.3	SUMMER
Si-0	265	95.1	3.9	11.2	5.1	20	8	51	11.5	18.3	1.3	SUMMER
Sp-0	34	46.5	5.9	13.4	0	0	13.5	52.5	13	15.9	1.3	SUMMER
St-0	0	48.5	3	9.7	7.5	24	18	59	11.3	0	0	SUMMER
Ste-0	34	45.8	5.4	13.6	5.2	10	11.9	52.6	12.5	11.7	1.5	SUMMER
Ta-0	606	53.5	3.2	11.5	5.1	10	14.5	49.5	13.4	15.2	1.4	SUMMER
TDr-1	85	57.7	4.1	11	5.1	21	14.1	55.8	10.1	20.1	1.3	SUMMER

Tha-1	6	70.8	6.8	13.1	0	0	4.3	52.1	9.7	0	0	SUMMER
Ting-1	165	56.6	2.5	10.5	4.5	10	15	56.5	11.7	23.3	1.2	SUMMER
Ts-1	21	0	0	0	0	0	3	41.5	3.2	0	0	SUMMER
Tscha-1	751	105.5	2.8	10.5	5.1	20	9.9	47.1	12.4	15.2	1.3	SUMMER
UK-1	212	63.7	6.1	14.8	7.8	49	7.5	48	13	13.5	1.5	SUMMER
UII2-3	32	56.6	3.5	11.2	6.6	22	14	56.1	10.7	20.1	1.3	SUMMER
Utrecht	7	66.5	5.7	13.5	8	18	5.8	52.5	11.2	4.8	1.5	SUMMER
Wa-1	80	40.7	4.3	12.5	7.2	21	21	52.3	13.5	11.7	1.5	SUMMER
Wei-0	631	90.7	5.8	13.9	6.6	22	8.4	47.4	12.3	12.8	1.5	SUMMER
Wt-5	103	56.3	5.4	13.2	4.4	4	9.5	52.5	12.7	19.3	1.3	SUMMER
Zu-0	443	92	5.8	13.5	5.1	20	8.6	47.4	12.2	12.8	1.5	SUMMER
Ag-0	304	74.3	7.1	16.8	7.5	24	1.5	45	14.1	10.7	1.4	WINTER
Alc-0*	812	36.3	7.3	19.5	8	21	-3.2	40.3	14.2	9.8	1.5	WINTER
Ann-1	454	85.3	5.9	14.6	0	0	6.1	45.9	13.6	12.7	1.5	WINTER
Benk-1	507	69.7	5.6	13.4	8	21	5.7	52	11.6	11.4	1.5	WINTER
Bla-1	58	58.2	10.9	19.7	0	0	2.8	41.7	11.8	17	1.3	WINTER
Do-0*	359	63.5	4.8	13	6.2	23	8	50.5	12.2	12.8	1.5	WINTER
Eden-1	72	59.6	0.1	7.5	4.5	10	18.2	62.9	11.7	30.6	1.2	WINTER
Edi-0	133	57.1	5.1	12	0	0	-3.2	55.9	10.3	0	0	WINTER
Es-0	29	0	0	0	0	0	25	60	6.1	0	0	WINTER
Ge-0	1167	116.6	2.4	10.8	7.2	8	6.1	46.5	12.2	12.6	1.5	WINTER
Hau-0	15	47.7	5.5	11	4.4	4	12	56	9.7	19.5	1.3	WINTER
Jea	0	65.5	13.1	18.6	0	0	7.3	43.7	13.4	11.7	1.4	WINTER
Lis-2	0	0	0	0	5.1	20	14.8	56	10.5	0	0	WINTER
Lisse	0	68.6	6.4	13.2	6.6	22	4.6	52.3	9.9	12.8	1.4	WINTER
Sparta-1	70	55.3	4.9	11.4	8	21	13.2	55.7	10.4	12.4	1.5	WINTER
T1080	13	48.3	5.1	11.5	8	21	13.2	55.7	10.3	12.4	1.5	WINTER
T1110	31	52	4.7	11.1	8	21	13.2	55.6	10.4	12.4	1.5	WINTER
T540	21	52.7	4.7	11.2	8	21	13.1	55.8	10.3	12.4	1.5	WINTER
Tamm-2	51	58.3	2.7	8.5	7.5	9	23.4	60	12.2	14	1.3	WINTER
TDr-8	85	57.7	4.1	11	5.1	21	14.1	55.8	10.1	20.1	1.3	WINTER
Ty-0	22	112.3	6.5	11.6	4.3	40	-5.2	56.4	9	0	0	WINTER
Ven-1	9	66.5	5.5	13.8	5.6	32	5.6	52	11.6	11.4	1.5	WINTER
Ws-0*	136	51	2.8	10.6	5.4	11	30	52.3	14.4	23.4	1.3	WINTER

Tabla A3. Tabla de Cálculo de Ley de Sturges para Altitud donde: LIM INF (Límite Inferior), LIM SUP (Límite Superior), X (Clase), fi (Frecuencia relativa) y FI (Frecuencia Acumulada). Para la Ley de Sturges se utilizó la fórmula: $1+3.322*\text{LOG}(N)$ para obtener los intervalos.

INTERVALOS LIM INF LIM SUP X fi FI

1	-2	548	273	468	468
2	549	1099	824	74	542
3	1100	1650	1375	23	565
4	1651	2201	1926	5	570
5	2202	2752	2477	10	580
6	2753	3303	3028	0	580
7	3304	3854	3579	1	581
8	3855	4405	4130	0	581
9	4406	4956	4681	0	581
10	4957	5507	5232	1	582

Tabla A4. Tabla de Cálculo de Ley de Sturges para Longitud donde: LIM INF (Límite Inferior), LIM SUP (Límite Superior), X (Clase), fi (Frecuencia relativa) y FI (Frecuencia Acumulada). Para la Ley de Sturges se utilizó la fórmula: $1+3.322*\text{LOG}(N)$ para obtener los intervalos.

INTERVALOS	LIM INF	LIM SUP	X	fi	FI
1	2.34	5.68	4.01021873	8	8
2	6.68	10.03	8.35537619	94	102
3	11.03	14.37	12.7005336	222	324
4	15.37	18.72	17.0456911	127	451
5	19.72	23.06	21.3908486	41	492
6	24.06	27.41	25.736006	33	525
7	28.41	31.75	30.0811635	17	542
8	32.75	36.10	34.4263209	7	549
9	37.10	40.44	38.7714784	4	553
10	41.44	44.79	43.1166359	0	553
11	45.79	49.13	47.4617933	0	553
12	50.13	53.48	51.8069508	2	555

13	54.48	57.82	56.1521082	3	558
----	-------	-------	------------	---	-----

Tabla A5. Tabla de Cálculo de Ley de Sturges para Latitud donde: LIM INF (Límite Inferior), LIM SUP (Límite Superior), X (Clase), fi (Frecuencia relativa) y FI (Frecuencia Acumulada). Para la Ley de Sturges se utilizó la fórmula: $1+3.322*\text{LOG}(N)$ para obtener los intervalos.

INTERVALOS	LIM INF	LIM SUP	X	fi	FI
INTERVALOS	LIM INF	LIM SUP	X	fi	FI
1	13.11	16.23	14.6702176	1	1
2	17.23	20.35	18.7884529	0	1
3	21.35	24.47	22.9066882	0	1
4	25.47	28.58	27.0249235	0	1
5	29.58	32.70	31.1431588	2	3
6	33.70	36.82	35.2613941	8	11
7	37.82	40.94	39.3796294	74	85
8	41.94	45.06	43.4978647	137	222
9	46.06	49.18	47.6161	87	309
10	50.18	53.29	51.7343353	134	443
11	54.29	57.41	55.8525706	105	548
12	58.41	61.53	59.9708059	18	566

Tabla A6. Tabla de Cálculo de Ley de Sturges para Temperatura máxima donde: LIM INF (Límite Inferior), LIM SUP (Límite Superior), X (Clase), fi (Frecuencia relativa) y FI (Frecuencia Acumulada). Para la Ley de Sturges se utilizó la fórmula: $1+3.322*\text{LOG}(N)$ para obtener los intervalos.

INTERVALOS	LIM INF	LIM SUP	X	fi	FI
1	-12.08	-9.91	-10.99441	1	1
2	-8.91	-6.73	-7.8165644	0	1
3	-5.73	-3.55	-4.6387184	0	1
4	-2.55	-0.37	-1.4608724	0	1

5	0.63	2.81	1.71697353	0	1
6	3.81	5.98	4.8948195	3	4
7	6.98	9.16	8.07266547	60	64
8	10.16	12.34	11.2505114	132	196
9	13.34	15.52	14.4283574	203	399
10	16.52	18.70	17.6062034	91	490
11	19.70	21.87	20.7840494	60	550
12	22.87	25.05	23.9618953	12	562

Tabla A7. Tabla de Cálculo de Ley de Sturges para Temperatura mínima donde: LIM INF (Límite Inferior), LIM SUP (Límite Superior), X (Clase), fi (Frecuencia relativa) y FI (Frecuencia Acumulada). Para la Ley de Sturges se utilizó la fórmula: $1+3.322*\text{LOG}(N)$ para obtener los intervalos.

INTERVALOS	LIM INF	LIM SUP	X	fi	FI
1	-20.98	-18.73	-19.854442	1	1
2	-17.73	-15.47	-16.596659	0	1
3	-14.47	-12.21	-13.338876	0	1
4	-11.21	-8.95	-10.081093	0	1
5	-7.95	-5.69	-6.82331	4	5
6	-4.69	-2.44	-3.565527	23	28
7	-1.44	0.82	-0.3077441	28	56
8	1.82	4.08	2.95003887	127	183
9	5.08	7.34	6.20782183	279	462
10	8.34	10.59	9.46560479	68	530
11	11.59	13.85	12.7233878	31	561
12	14.85	17.11	15.9811707	1	562

Tabla A8. Tabla de Cálculo de Ley de Sturges para Precipitación donde: LIM INF (Límite Inferior), LIM SUP (Límite Superior), X (Clase), fi (Frecuencia relativa) y FI (Frecuencia Acumulada). Para la Ley de Sturges se utilizó la fórmula: $1+3.322*\text{LOG}(N)$ para obtener los intervalos.

INTERVALOS	LIM INF	LIM SUP	X	fi	FI
1	1.00	16.07	8.53631619	0	0
2	17.07	32.15	24.6089486	4	4
3	33.15	48.22	40.681581	49	53
4	49.22	64.29	56.7542133	108	161
5	65.29	80.36	72.8268457	251	412
6	81.36	96.44	88.8994781	104	516
7	97.44	112.51	104.97211	31	547
8	113.51	128.58	121.044743	15	562
9	129.58	144.65	137.117375	2	564
10	145.65	160.73	153.190008	0	564
11	161.73	176.80	169.26264	1	565
12	177.80	192.87	185.335272	2	567

Tabla A9. Tabla de Cálculo de Ley de Sturges para pH donde: LIM INF (Límite Inferior), LIM SUP (Límite Superior), X (Clase), fi (Frecuencia relativa) y FI (Frecuencia Acumulada). Para la Ley de Sturges se utilizó la fórmula: $1+3.322*\text{LOG}(N)$ para obtener los intervalos.

INTERVALOS	LIM INF	LIM SUP	X	fi	FI
1	4.00	4.42	4.21071772	16	16
2	4.43	4.85	4.64215317	0	16
3	4.86	5.28	5.07358861	0	16
4	5.29	5.72	5.50502406	190	206
5	5.73	6.15	5.93645951	0	206
6	6.16	6.58	6.36789495	100	306
7	6.59	7.01	6.7993304	0	306
8	7.02	7.44	7.23076584	144	450
9	7.45	7.87	7.66220129	0	450

10	7.88	8.30	8.09363674	0	450
11	8.31	8.74	8.52507218	106	556
12	8.75	9.17	8.95650763	0	556

Tabla A10. Tabla de Calculo de Ley de Sturges para Nitrógeno donde: LIM INF (Límite Inferior), LIM SUP (Límite Superior), X (Clase), fi (Frecuencia relativa) y FI (Frecuencia Acumulada). Para la Ley de Sturges se utilizó la fórmula: $1+3.322*\text{LOG}(N)$ para obtener los intervalos.

INTERVALOS	LIM INF	LIM SUP	X	fi	FI
1	0.65	0.84	0.7464674	1	1
2	0.85	1.03	0.94196219	3	4
3	1.04	1.23	1.13745699	2	6
4	1.24	1.43	1.33295178	77	83
5	1.44	1.62	1.52844658	207	290
6	1.63	1.82	1.72394137	263	553
7	1.83	2.01	1.91943617	9	562
8	2.02	2.21	2.11493097	1	563
9	2.22	2.40	2.31042576	0	563
10	2.41	2.60	2.50592056	0	563
11	2.61	2.79	2.70141535	0	563
12	2.80	2.99	2.89691015	0	563

Tabla A11. Tabla de Calculo de Ley de Sturges para Carbono donde: LIM INF (Límite Inferior), LIM SUP (Límite Superior), X (Clase), fi (Frecuencia relativa) y FI (Frecuencia Acumulada). Para la Ley de Sturges se utilizó la fórmula: $1+3.322*\text{LOG}(N)$ para obtener los intervalos.

INTERVALOS	LIM INF	LIM SUP	X	fi	FI
1	2.34	5.68	4.01021873	8	8
2	6.68	10.03	8.35537619	94	102
3	11.03	14.37	12.7005336	222	324

4	15.37	18.72	17.0456911	127	451
5	19.72	23.06	21.3908486	41	492
6	24.06	27.41	25.736006	33	525
7	28.41	31.75	30.0811635	17	542
8	32.75	36.10	34.4263209	7	549
9	37.10	40.44	38.7714784	4	553
10	41.44	44.79	43.1166359	0	553
11	45.79	49.13	47.4617933	0	553
12	50.13	53.48	51.8069508	2	555
13	54.48	57.82	56.1521082	3	558

Tabla A12. Tabla de Cálculo de Ley de Sturges para Arcilla donde: LIM INF (Límite Inferior), LIM SUP (Límite Superior), X (Clase), fi (Frecuencia relativa) y FI (Frecuencia Acumulada). Para la Ley de Sturges se utilizó la fórmula: $1+3.322*\text{LOG}(N)$ para obtener los intervalos.

INTERVALOS	LIM INF	LIM SUP	X	fi	FI
1	4.00	8.47	6.23424418	18	18
2	8.48	12.95	10.7127326	34	52
3	12.96	17.43	15.1912209	77	129
4	17.44	21.90	19.6697093	8	137
5	21.91	26.38	24.1481977	227	364
6	26.39	30.86	28.626686	151	515
7	30.87	35.34	33.1051744	2	517
8	35.35	39.82	37.5836628	4	521
9	39.83	44.30	42.0621511	0	521
10	44.31	48.77	46.5406395	4	525
11	48.78	53.25	51.0191279	8	533
12	53.26	57.73	55.4976162	22	555

Tabla A13. Tabla de Calculo de Ley de Sturges para Radiación solar donde: LIM INF (Límite Inferior), LIM SUP (Límite Superior), X (Clase), fi (Frecuencia relativa) y FI (Frecuencia Acumulada). Para la Ley de Sturges se utilizó la fórmula: $1+3.322*\text{LOG}(N)$ para obtener los intervalos.

INTERVALOS	LIM INF	LIM SUP	X	fi	FI
1	36.00	48.08	42.0394249	1	1
2	49.08	61.16	55.1182746	3	4
3	62.16	74.24	68.1971244	6	10
4	75.24	87.32	81.2759741	21	31
5	88.32	100.39	94.3548239	38	69
6	101.39	113.47	107.433674	139	208
7	114.47	126.55	120.512523	142	350
8	127.55	139.63	133.591373	67	417
9	140.63	152.71	146.670223	75	492
10	153.71	165.79	159.749073	72	564
11	166.79	178.87	172.827922	15	579
12	179.87	191.95	185.906772	1	580
13	192.95	205.03	198.985622	1	581

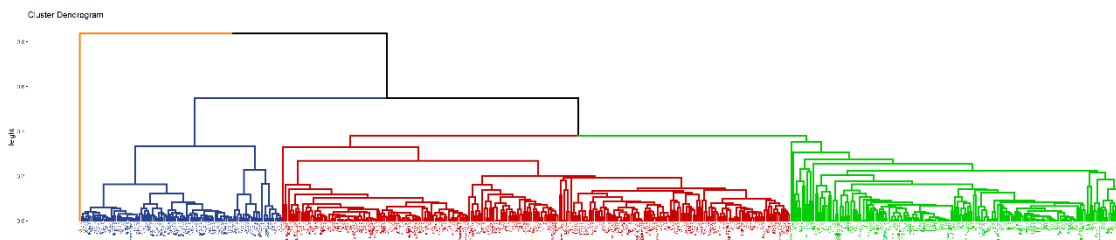


Figura A1. Dendrograma de clasificación de 582 accesiones de Arabidopsis, en la cual se correlacionaron 8 variables entre climáticas y edáficas. Se obtuvieron 4 grupos en naranja el grupo A, en azul el grupo B, en rojo el grupo C y en verde el grupo D.

9. REFERENCIAS.

- 1001 Genomes Consortium. 2016. 1,135 genomes reveal the global pattern of polymorphism in *Arabidopsis thaliana*. *Cell* 166, 481–491.
- Ågren, J & Schemske, DW. 2012. Reciprocal transplants demonstrate strong adaptive differentiation of the model organism *Arabidopsis thaliana* in its native range. *New Phytologist*.194(4):1112-1122.
- Arabidopsis Genome Initiative. 2000. Analysis of the genome sequence of the flowering plant *Arabidopsis thaliana*. *Nature*. 408: 796–815
- Ballabio, C., Lugato, E., Fernández-Ugalde, O., Orgiazzi, A., Jones, A., Borrelli, P., Montanarella, L. and Panagos, P., 2019. Mapping LUCAS topsoil chemical properties at European scale using Gaussian process regression. *Geoderma*. 355: 113912.
- Botto, JF. 2015. Plasticity to simulated shade is associated with altitude in structured populations of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Environment*. Jul;38(7):1321-32.
- Bray, EA. 2004. Genes commonly regulated by water-deficit stress in *Arabidopsis thaliana*. *Journal Experimental Botany*. 55(407):2331-41.
- Busoms, S., Teres, J., Huang, XY., Bomblies, K., Danku, J., Douglas, A. Weigel, D., Poschenrieder, C & Salt, DE. 2015. Salinity Is an Agent of Divergent Selection Driving Local Adaptation of *Arabidopsis* to Coastal Habitats. *Plant Physiology*. 2015 Jul;168(3):915-29.
- Cheng, CY., Krishnakumar, V., Chan, AP., Thibaud-Nissen, F., Schobel, S., et al. 2017. Araport11: a complete reannotation of the *Arabidopsis thaliana* reference genome. *Plant Journal*. 89: 789–804.
- Coffey, A., Marcel, AK & Jansen. 2019. Effects of natural solar UV-B radiation on three *Arabidopsis* accessions are strongly affected by seasonal weather conditions, *Plant Physiology and Biochemistry*.134: 64-72,
- Davila Olivas, NH., Frago, E., Thoen, MPM., Kloth, KJ., Becker, FFM., van Loon, JJA., Gort, G., Keurentjes, JJB., van Heerwaarden, J & Dicke, M. 2017. Natural variation in life history strategy of *Arabidopsis thaliana* determines stress responses to drought and insects of different feeding guilds. *Molecular Ecology*, 26: 2959-2977.

- Dora, N. 2019. " El papel del pH del suelo en la nutrición vegetal y la remediación del suelo ", *Ciencias aplicadas y ambientales del suelo*.
- Do Prado, Wildner. & da Veiga, M. 1994. "Relación entre erosión y pérdida de fertilidad del suelo" " Extraído de: Erosión de Suelos en América Latina. 1- Suelos y Aguas. Tema II Erosión y Pérdida de Fertilidad del Suelo. F. A. O. Santiago. Chile.
- Easlon, HM., Nemali, KS., Richards, JH *et al.* 2014. The physiological basis for genetic variation in water use efficiency and carbon isotope composition in *Arabidopsis thaliana*. *Photosynthesis Research*. 119:119–12
- Exposito-Alonso, M., Vasseur, F., Ding, W., Wang, G., Burbano, HA. & Weigel, D. 2018. Genomic basis and evolutionary potential for extreme drought adaptation in *Arabidopsis thaliana*. *Nature Ecology & Evolution*, 2: 352–358.
- Exposito-Alonso, M., 500 Genomes Field Experiment Team., Burbano, H.A. *et al.* 2019. Natural selection on the *Arabidopsis thaliana* genome in present and future climates. *Nature* **573**: 126–129
- Ferrarezi, RS., Lin, X., Gonzalez, Neira AC, Tabay, ZF., Hu, H., Wang, X., Huang, JH & Fan G. 2022. Substrate pH Influences the Nutrient Absorption and Rhizosphere Microbiome of Huanglongbing-Affected Grapefruit Plants. *Frontiers in Plant Science*.13;13:856937.
- Finch, HJS., Samuel, AM & Lane GP. 2014. In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Lockhart & Wiseman's Crop Husbandry Including Grassland, Woodhead Publishing.
- François, O., Blum, MGB., Jakobsson, M. & Rosenberg, NA. 2008. Demographic History of European Populations of *Arabidopsis thaliana*. *PLOS Genetics*. 4(5): e1000075.
- Gentili, R., Ambrosini, R., Montagnani, C., Caronni, S & Citterio, S. 2018 Effect of Soil pH on the Growth, Reproductive Investment and Pollen Allergenicity of *Ambrosia artemisiifolia* L. *Frontiers in Plant Science*. 9
- Günther, T., Lampei, C., Barilar, I. and Schmid, K.J. 2016. Genomic and phenotypic differentiation of *Arabidopsis thaliana* along altitudinal gradients in the North Italian Alps. *Molecular Ecology*. 25: 3574-3592.

- Hare, PD., Cress, WA & Staden, J van. 1999. Proline synthesis and degradation: a model system for elucidating stress-related signal transduction, *Journal of Experimental Botany*. 50 (333): 413–434.
- He, Y., Michaels SD & Amasino RM. 2003. Regulation of flowering time by histone acetylation in *Arabidopsis*. *Science*. 5;302(5651):1751-4.
- Hummel I., Pantin F., Sulpice R., Piques M., Rolland G., Dauzat M., Christophe A., Pervent M., Bouteillé M., & Stitt M. 2010. *Arabidopsis* plants acclimate to water deficit at low cost through changes of carbon usage: an integrated perspective using growth, metabolite, enzyme, and gene expression analysis. *Plant Physiology*. 154: 357
- Jansson C, Faiola C, Wingler A, Zhu XG, Kravchenko A, de Graaff MA, Ogden AJ, Handakumbura PP, Werner C, Beckles DM. 2021. Crops for Carbon Farming. *Frontiers in Plant Science*. 4;12:636709.
- Jiang, Y., Li, Y., Zeng, Q., Wei, J. y Yu, H. 2017. The effect of soil pH on plant growth, leaf chlorophyll fluorescence and mineral element content of two blueberries. *Acta Horticulture*. 1180, 269–276.
- Juenger, TE. 2013 Natural variation and genetic constraints on drought tolerance. *Current Opinion in Plant Biology*. 16:274–281.
- Kamaluddin, M & Zwiazek JJ. 2004. Effects of root medium pH on water transport in paper birch (*Betula papyrifera*) seedlings in relation to root temperature and abscisic acid treatments. *Tree Physiol*. 24(10):1173-80. doi: 10.1093/treephys/24.10.1173. PMID: 15294764
- Körner, C. 2007. The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in Ecology & Evolution*. 22:569-574
- Kothandaraman, S., Dar, JA, Sundarapandian, S. et al. 2020. Ecosystem-level carbon storage and its links to diversity, structural and environmental drivers in tropical forests of Western Ghats, India. *Scientific reports*. 10.
- Lager I, Andréasson O, Dunbar TL, Andreasson E, Escobar MA, Rasmusson AG. 2010. Changes in external pH rapidly alter plant gene expression and modulate auxin and elicitor responses. *Plant Cell Environment*. 33(9):1513-28.
- Leimu R & Fischer M. 2008. A meta-analysis of local adaptation in plants. *PLoS One*.3(12):e4010.

- Lewandowska-Sabat, AM., Fjellheim, S., Rognli, OA. 2010. Extremely low genetic variability and highly structured local populations of *Arabidopsis thaliana* at higher latitudes. *Molecular Ecology*. 19(21):4753-64.
- Lončarić, Z., Karalić, K., Popović, B., Rastija, D. y Vukobratović, M. 2008. Micronutrientes totales y disponibles para las plantas en suelos ácidos y calcáreos en Croacia. *Cereal Research Communications*. 36, 331–334.
- Luo, Y., Widmer, A. & Karrenberg, S. 2015 The roles of genetic drift and natural selection in quantitative trait divergence along an altitudinal gradient in *Arabidopsis thaliana*. *Heredity*. 114, 220–228.
- Martínez-Berdeja, A., Stitzer, MC., Taylor, MA., Okada, M., Ezcurra, E., Runcie, DE & Schmitt J. 2020. Functional variants of *DOG1* control seed chilling responses and variation in seasonal life-history strategies in *Arabidopsis thaliana*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 4;117(5):2526-2534.
- Meyerowitz, E. 2002. Plants Compared to Animals: The Broadest Comparative Study of Development. *Science*. 295:1482-5.
- Montesinos-Navarro, A., Wig, J., Xavier Pico, F. and Tonsor, S.J. 2011. *Arabidopsis thaliana* populations show clinal variation in a climatic gradient associated with altitude. *New Phytologist*, 189: 282-294.
- McKay, JK., Richards, JH & Mitchell-Olds, T. 2003. Genetics of drought adaptation in *Arabidopsis thaliana*: I. Pleiotropy contributes to genetic correlations among ecological traits. *Molecular Ecology*. 12:1137–1151.
- Namgail, T., Rawat, G.S., Mishra, C. *et al.* 2012. Biomass and diversity of dry alpine plant communities along altitudinal gradients in the Himalayas. *Journal Plant Research*. 125, 93–101
- Prinsi B, Muratore C, Espen L. 2021. Biochemical and Proteomic Changes in the Roots of M4 Grapevine Rootstock in Response to Nitrate Availability. *Plants (Basel)*. 17;10(4):792.
- Richter, R., Kinoshita, A., Vincent, C., Martinez-Gallegos, R., Gao, H., van Driel, AD., Hyun, Y., Mateos, JL & Coupland G. 2019. Floral regulators FLC and SOC1 directly regulate expression of the B3-type transcription factor TARGET OF FLC AND SVP 1 at the *Arabidopsis* shoot apex via antagonistic chromatin modifications. *PLoS Genetics*. 4;15(4):1008065

- Richardson, KW., Steffen, W. & Liverman, D. 2011. Identifying, monitoring and predicting change in the climate system in *Climate Change: Global Risks, Challenges and Decisions*. Cambridge: Cambridge University. pp. 3-29
- Sarasketa Asier, González-Moro M. Begoña, González-Murua Carmen, Marino Daniel. 2016. Nitrogen Source and External Medium pH Interaction Differentially Affects Root and Shoot Metabolism in Arabidopsis . *Frontiers in Plant Science*. 7.
- Sharp, RE & Davies, WJ. 1979. Solute regulation and growth by roots and shoots of water-stressed maize plants. *Planta*. 147: 43–49
- Shindo, C., Bernasconi, G. & Hardtke, C. S. 2007. Natural genetic variation in Arabidopsis: tools, traits and prospects for evolutionary ecology. *Annals Botany*. 99, 1043-1054.
- Simpson GG & Dean C. 2002. Arabidopsis, the Rosetta stone of flowering time?. *Science*. 296:285–289.
- Singh A, Roy S. 2017. High altitude population of Arabidopsis thaliana is more plastic and adaptive under common garden than controlled condition. *BMC Ecol*. 13;17(1):39..
- Sollins, P. 1998. Factors influencing species composition in tropical lowland rain forest: does soil matter?. *Ecology*. 79, 23–30.
- Stinchcombe JR, Weinig C, Ungerer M, Olsen KM, Mays C, Halldorsdottir SS, Purugganan MD, Schmitt J. 2004. A latitudinal cline in flowering time in Arabidopsis thaliana modulated by the flowering time gene FRIGIDA. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 30;101(13):4712-7.
- Tardieu, F., Reymond., M; Hamard, P., Granier, C & Muller, B. 2000. Spatial distributions of expansion rate, cell division rate and cell size in maize leaves: a synthesis of the effects of soil water status, evaporative demand and temperature, *Journal of Experimental Botany*. 51(350):1505–1514.
- Vile D, Pervent M, Belluau M, Vasseur F, Bresson J, Muller B, Granier C, Simonneau T. 2012. Arabidopsis growth under prolonged high temperature and water deficit: independent or interactive effects?. *Plant Cell Environ*. 35(4):702-18.
- Wanner, LA, Junttila, O. 1999. Cold-induced freezing tolerance in Arabidopsis. *Plant Physiology*. 120(2):391-400.

- Wender NJ., Polisetty CR & Donohue, K. 2005. Density-dependent processes influencing the evolutionary dynamics of dispersal: a functional analysis of seed dispersal in *Arabidopsis thaliana* (Brassicaceae). *American Journal of Botany*. 92(6):960-71.
- Woodward, AW. & Bartel, B. 2018. Biology in Bloom: A Primer on the *Arabidopsis thaliana* Model System. *Genetics*. 208: 1337-1349.