



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Facultade de Ciencias

Grao en Bioloxía

Memoria do Traballo de Fin de Grao

Morfoloxía de follas e flores de *Erica* L. (Ericaceae) nun gradiente altitudinal e latitudinal.

Morfología de hojas y flores de *Erica* L. (Ericaceae) en un gradiente altitudinal y latitudinal.

Morphology of leaves and flowers of *Erica* L. (Ericaceae) in an altitudinal and latitudinal gradient.



Katia Pérez Pereira

Curso: 2020 - 2021. Convocatoria:

Setembro

Director académico: Dr. Jaime Fagúndez Díaz

Índice

Resumo	5
PALABRAS CHAVE	5
1. Introducción:	8
2. Obxectivos:	9
3. Material e métodos:	9
3.1. Descrición e distribución das especies de estudo	9
3.1.1. <i>E. tetralix</i>	9
3.1.2. <i>E. mackayana</i>	10
3.1.3. <i>E. stuartii</i>	10
3.1.4. <i>E. ciliaris</i>	11
3.2. Caracteres cuantitativos morfolóxicos seleccionados para o estudo	11
3.3. Poboacións de estudo e características climáticas	12
3.4. Mostraxe	14
3.4.1. Plantas utilizadas no estudo:	14
3.4.2. Recollida de mostrax:	15
3.5. Tratamento das mostrax:	15
3.5.1. Dixitalizado dos pregos.....	15
3.5.2. Fotografías en lupa.....	15
3.5.3. Uso do analizador de imaxes	15
3.5.4. Creación de táboas de datos	16
3.6. Análise estadístico:	17
4. Resultados:	22
5. Discusión:	26
6. Conclusións:	28
7. Bibliografía:	31
ANEXO	33

Resumo

As características morfolóxicas das plantas varían como adaptación ao ambiente no que viven as poboacións. Esta variación intraespecífica, ou plasticidade fenotípica, pode explicarse polos factores climáticos e xeográficos.

No seguinte traballo, estúdanse as diferenzas morfolóxicas que hai en tres especies simpátricas e un híbrido do xénero *Erica* nun gradiente latitudinal e altitudinal.

Estudáronse plantas en seis poboacións, cinco do norte de España e unha dos Países Baixos. Para este traballo teranse en conta a latitude e a altitude, inda que tamén se avaliaron as diferenzas entre as poboacións debido a diversos factores ambientais.

No estudo morfolóxico medíronse once parámetros, cinco respecto as follas e seis respecto as flores, en setenta e sete individuos. Os valores analizáronse mediante ANOVA ou test de Kruskal-Wallis cando os datos non se axustaban ao modelo de normalidade.

Os resultados mostraron que respecto a caracteres vexetativos atopáronse diferenzas en tódalas especies para o largo da folla (maior a maior altitude, en *E. tetralix* tamén se inclúe a latitude, que é menor a maior tamaño) excepto en *E. mackayana*; na especie *E. stuartii* para as relacións largo-ancho (menor a maior altitude) e nas especies *E. mackayana*, e *E. stuartii* para a relación largo folla-pecíolo (menor a maior altitude). Respecto a caracteres reprodutivos atopáronse diferenzas en *E. mackayana* para a apertura corola e relación largo-apertura corola (menor a maior altitude) e en *E. stuartii* para a relación largo-ancho da corola (menor a maior altitude). Sen embargo, para a maior parte dos caracteres non se observaron diferenzas entre especies que podan relacionarse con gradientes climáticos, altitudinais ou latitudinais.

En xeral, os resultados que se observan no estudo non parecen concluíntes para relacionar as diferenzas observadas coa altitude e latitude que presentan as poboacións. Polo tanto, o fenotipo das especies estudadas non parecen estar ligadas as súas diferenzas xeográficas.

PALABRAS CHAVE

Altitude, latitude, folla, flor, *E. tetralix*, *E. mackayana*, *E. stuartii*, *E. ciliaris*

Resumen

Las características morfológicas de las plantas varían como adaptación al ambiente en el que viven las poblaciones. Esta variación intraespecífica, o plasticidad fenotípica, puede explicarse por los factores climáticos o geográficos.

En el siguiente trabajo se estudian las diferencias morfológicas que hay en tres especies simpátricas y un híbrido del género *Erica* en un gradiente latitudinal y altitudinal.

Se estudiaron plantas de seis poblaciones, cinco del norte de España y una de los Países bajos. Para este trabajo se tendrán en cuenta la latitud y altitud, aunque también se evaluarán las diferencias entre las poblaciones debido a diversos factores ambientales.

En el estudio morfológico se midieron once parámetros, cinco respecto a hojas y seis respecto a flores, en setenta y siete individuos. Los valores se analizaron mediante ANOVA o test de Kruskal-Wallis, cuando los datos no se ajustaban al modelo de normalidad.

Los resultados han mostrado que respecto a caracteres vegetativos se encontraron diferencias en todas las especies para el largo de hoja (mayor a mayor altitud, en *E. tetralix*, también se incluye la latitud que es menor a mayor tamaño) excepto para *E. mackayana*; en la especie *E. stuartii* para las relaciones largo-ancho (menor a mayor altitud) y en las especies *E. mackayana*, y *E. stuartii* para la relación largo hoja-pecíolo (menor a mayor altitud). Y respecto a caracteres reproductivos se encontraron diferencias en *E. mackayana* para la apertura de la corola y en la relación largo-apertura de la corola (menor a mayor altitud) y en *E. stuartii* para la relación largo-ancho de la corola (menor a mayor altitud). Sin embargo, para la mayor parte de los caracteres no se observaron diferencias entre especies que puedan relacionarse con gradientes climáticos, altitudinales o latitudinales.

En general, los resultados que se observan en el estudio no parecen concluyentes para relacionar las diferencias observadas con la altitud y latitud que presentan las poblaciones. Por lo tanto, el fenotipo de las especies estudiadas no parece estar ligado a sus diferencias geográficas.

PALABRAS CLAVE

Altitud, latitud, hoja, flor, *E. tetralix*, *E. mackayana*, *E. stuartii*, *E. ciliaris*.

Summary:

The morphological plants traits change as an adaptation to the environment where the populations live. That intraspecific variation, or phenotypic plasticity, can be explained due to climatic or geographic factors.

In the following work are studied the morphological differences between sympatric and a hybrid of the *Erica* genus in a latitudinal and longitudinal gradient.

Plants from six populations, five from the North Spain and one from the Netherlands, were studied. For that work latitude and altitude are going to be considered, but also the differences between the populations due to different environmental factors.

In the morphological study were measured eleven parameters, five related with leaves and six with flowers, in 77 individuals. The values were analysed with ANOVA or Kruskal-Wallis test when the data did not stick to the normality model.

The results showed that about vegetative traits differences were found in all species for the leaves length (larger in higher altitude, in *E. tetralix* latitude, that is smaller in larger size, is also included), except in *E. mackayana*; in *E. stuartii* specie for length – width relation (smaller in higher altitude) and in *E. mackayana* and *E. stuartii* species for leaves length-petiole (smaller in higher altitude). About reproductive traits differences were found in *E. mackayana* for corolla opening and length-corolla opening relation (smaller in higher altitude) and in *E. stuartii* for length–corolla width (smaller in higher altitude). However, for most of the traits no differences were observed between species that could be related with climatic, latitudinal, or altitudinal gradients.

In general, the results observed in the study do not seem conclusive to relate the differences observed with the altitude and latitude that the populations present. So, the species phenotype studied do not seem to be related with their geographical differences.

KEYWORDS

Latitude, altitude, leaf, flower, *E. tetralix*, *E. mackayana*, *E. stuartii*, *E. ciliaris*.

1. Introducción:

O clima afecta ao crecemento e desenvolvemento das plantas de forma directa. A temperatura é un elemento esencial no cultivo e desenvolvemento das plantas, xunto cos niveis de luz, dióxido de carbono, humidade do aire, auga e nutrientes. A temperatura afecta á taxa de desenvolvemento da planta a través das distintas fases e produción de follas, tallos e outros compoñentes. Todos os procesos fisiolóxicos da planta ocorren máis rapidamente a medida que a temperatura aumenta entre unha temperatura base e unha temperatura óptima; polo que, plantas dunha mesma especie, se están expostas as temperaturas moi dispares poden ver afectada a súa fisioloxía e diferir entre elas. A auga é un compoñente fundamental para a vida; polo que, as precipitacións son un factor clave a ter en conta. En ambientes húmidos, con altas precipitacións, as plantas necesitan aumentar a súa transpiración, posto que soen presentar unha maior superficie foliar e tamén poden presentar pelosidade nas follas. Por último, a luz solar é outro factor vital xa que as plantas necesitan de luz para realizala fotosíntese, débese ter en conta a cantidade, ángulo de radiación e horas de sol ao día.

As plantas, coma tódolos seres vivos, adaptanse ao medio no que viven. Ao longo da historia, viuse en bioloxía como organismos da mesma especie foron sufrindo modificacións debido a cambios do medio no que vivían, aparecendo de tal xeito diferenzas xenotípicas e fenotípicas. A altitude e latitude son moi relevantes á hora de falar da adaptación ao medio, xa que, son dous parámetros que afectan directamente ás condicións do medio, en moitas ocasións as diferenzas que unha poboación presenta pode explicarse grazas a ditos parámetros (Zhang et al., 2019).

Erica é un xénero de fanerógamas da familia Ericaceae, coñecidas de forma máis coloquial como urces. Presentan un corpo arbustivo, con follas verticiladas e pecíolos cortos. Respecto ás flores, poden ser actinomorfas ou lixeiramente zigomorfas. Dispóñense en inflorescencias umbeliformes, racemiformes ou paniculiforme. Polo xeral son tetrámeras. Por outra banda, os pedicelos presentan 2-4 bracteólas, en ocasións similares ás pezas do cáliz que presentan os sépalos libres e máis pequenos cos pétalos. En canto a corola, é persistente, acampanada, urceolada ou case tubular. O androceo consta de 8 estames, inclusos ou exertos. As anteras preséntanse habitualmente apendiculadas e con dehiscencia foraminal. O ovario é súpero e tetralocular. A polinización é levada a cabo por abellóns que visitan varias flores e voan moitos quilómetros na busca de máis flores da especie. Por último, o froito preséntase en cápsula (Valdés, Talavera, Fernández-Galiano, 1987).

No presente estudo vaise analizar a morfoloxía de follas e flores de diferentes especies do xénero *Erica* distribuídas en diferentes poboacións que difiren respecto a latitude e altitude. Tamén se observará como afecta o clima ás plantas e se poden existir diferenzas inter- e intraespecies debido a este factor.

2. Obxectivos:

Neste estudo, o obxectivo é observar como afecta o clima e a distribución xeográfica no fenotipo das diferentes especies, e así determinar se estes factores provocan variacións significativas dentro dunha mesma especie ou non. Para iso, utilizaranse características cuantitativas sobre a morfoloxía de follas e flores. Mediante unha análise estatística determinarase se hai diferenzas ou non, analizando unha ampla mostra formada por poboacións dos Países Baixos e de España, concretamente Galiza e Asturias. O estudo estatístico permitiranos establecer o grao de variabilidade interpoboacional das mostras estudadas.

3. Material e métodos:

3.1. Descrición e distribución das especies de estudo

3.1.1. *E. tetralix*

A especie *E. tetralix* (Figura 1) ten unha altura aproximada de 70 cm con follas que oscilan entre os 3.5-8 mm de largo e 0.6-1.5 mm de ancho. Por outra banda, consta de inflorescencias con 5-15 flores unilaterais e a corola é urceolada ou tubular-urceolada cun tamaño entre 6-7.5 mm e os pedicelos soen oscilar entre 2-5 mm sendo en xeral peludos.



Figura 1: *E. tetralix*.

A súa distribución é ampla, atópase dende España central ata Noruega. En Galicia pode encontrarse por case todas as zonas, aínda que no Norte das provincias de A Coruña e Lugo é substituída por *E. mackayana* (Fraga Vila, 1982; Fraga Vila et al., 2001). Encóntrase sobre todo en zonas húmidas como poden ser turbeiras, pantanos, bordes de regatos, urceiras moi húmidas, terreos silíceos ou ultrabásicos. Respecto a altitude na que se atopan oscila dende o nivel do mar ata os 2100 m (Bayer, 1993).

3.1.2. *E. mackayana*



Figura 2: *E. mackayana*

A especie *E. mackayana* (Figura 2) ten unha altura de 90 cm con follas de lonxitude entre 2.5-4.55 mm e un ancho de 0.64-0.66. Por outra banda, consta de inflorescencias con 4-12 flores, terminais e umbeliformes e a corola ten un tamaño entre 5.5-7 mm, forma tubular-urceolada e os pedicelos soen oscilar entre 3-4 mm.

A súa distribución límitase unicamente ao norte de España e oeste de Irlanda, sendo a súa distribución nesta última máis reducida ca en España (Nelson & Fraga, 1983) (Skeffington, 2015). Nalgúns lugares chega a convivir coa *E. tetralix*, chegándose atopar un híbrido destas dúas especies facilmente en Irlanda e de forma máis concreta en España (Fagúndez, 2006). Dito híbrido recibe o nome de *E. stuartii*. Danse sobre todo en urceiras, matorrais e bosques aclarados, solos permanente húmidos polas abundantes precipitacións, incluso en solos calizos e ultrabásicos. Respecto a altitude na que se atopan oscila dende o nivel do mar ata os 1680 m (Bayer, 1993).

3.1.3. *E. stuartii*

A especie *E. stuartii* (Figura 3) foi descrita en Irlanda no 1890 e publicada por primeira vez coma unha subespecie de *E. tetralix* por MacFarlane (1893).

Nesta especie case tódolos caracteres presentan valores intermedios: as follas parécense as de *E. mackayana*; aínda que, presentan pelos lanosos nos pecíolos ao igual que *E. tetralix*, e algúns pelos no nervio medio da superficie inferior (Fagúndez, 2006).



Figura 3: *E. stuartii*

Os individuos da especie sóense identificar no campo polos caracteres vexetativos e confírmense pola presenza de pelo no ovario, xa que *E. mackayana* non presenta pelosidade, mentres que *E. stuartii* preséntaa intermedia e *E. tetralix* consta de ovarios recubertos de pelo (Fagúndez, 2006; Stace et al., 2015; Van Doorslaer & Sheehy Skeffington, 1998; Webb, 1955).

Este híbrido é moi abundante en Irlanda, encóntrase sempre acompañado de *E. mackayana*, e esta a súa vez non soe estar lonxe da outra especie parental, *E. tetralix* (Preston et al., 2002).

Observouse que o híbrido crece xunto con *E. tetralix*, *E. mackayana*, *E. ciliaris*, *Calluna vulgaris*, *Genista berberidea*, *Ulex gallii* e outras especies (Fagúndez, 2006).

3.1.4. *E. ciliaris*



Figura 4: *E. ciliaris*.

A especie *E. ciliaris* (Figura 4) ten unha altura de 70 cm de altura con follas que oscilan entre 2-4 mm de largo e 0.8-2 mm de ancho. Por outra banda, consta de inflorescencias en racimo e corola que oscila entre 8-11 mm con forma tubular-urceolada e pedicelos que teñen entre 1.5-3.5 mm de lonxitude e son densamente peludos.

A súa distribución esténdese polo oeste de Europa, norte de África e oeste e metade occidental da Península Ibérica. Encóntanse en urceiras, matorrais, solos ácidos máis ou menos húmidos e a veces areosos. Respecto a altitude na que se atopan oscila dende o nivel do mar ata os 800 m.

3.2. Caracteres cuantitativos morfolóxicos seleccionados para o estudo

3.2.1 Follas

Medida estudiada	Descrición
Largo da folla	Lonxitude do largo da folla en mm
Ancho da folla	Lonxitude do ancho da folla en mm
Pecíolo	Lonxitude do pecíolo en mm
Relación ancho/largo da folla	Medida da superficie da folla
Relación largo pecíolo/largo da folla	Tamaño da folla

Táboa 1: Características medidas das follas.



Figura 5: Follas *E. ciliaris*, *E. mackayana*, *E. stuartii* e *E. tetralix*.

Para as follas estúdanse diferentes características (Táboa 1), ao longo do traballo analízanse os diferentes caracteres mediante os seus acrónimos (Figura 6). Cada especie presenta unha forma distinta (Figura 5).

3.2.2. Flores

Medida estudiada	Descrición
Largo corola	Lonxitude do largo da corola en mm
Ancho corola	Lonxitude do ancho da corola en mm
Boca corola	Medida da apertura da boca da corola en mm
Exerción	Medida do extremo do estilo que sobresaia fora da corola en mm
Relación ancho-largo corola	Medida da morfoloxía da corola
Relación largo-apertura corola	Medida largo-apertura corola

Táboa 2: Características medidas das flores.



Figura 7: Flor *E. ciliaris*, *E. mackayana*, *E. stuartii* e *E. tetralix*.

Para as flores estúdanse diferentes características (Táboa 2), ao longo do traballo analízanse os diferentes caracteres mediante os seus acrónimos (Figura 8). Cada especie presenta unha forma distinta (Figura 7).

ACRÓNIMO	SIGNIFICADO
LVLENGT	Largo folla
LVWIDT	Ancho folla
LVPET	Largo pecíolo
LVSHAPE	Relación ancho-largo
PETRATIO	Relación largo pecíolo-folla

Figura 6: Significado acrónimos follas.

ACRÓNIMO	SIGNIFICADO
COLENGT	Largo corola
COWIDT	Ancho corola
COMOUT	Apertura corola
COSHAPE	Relación largo-ancho
EXSTYLE	Exerción estilo
COOPEN	Relación largo e apertura corola

Figura 8: Significado acrónimos follas.

3.3. Poboacións de estudo e características climáticas

Países baixos

É un país localizado en Europa Occidental, a súa altitude atópase por debaixo do mar e considérase un país plano. Presenta un clima oceánico temperado causado por ventos do suroeste, é dicir, as precipitacións ao longo do ano distribúense de forma regular cada mes, as temperaturas difiren dunha época do ano a outra, os veráns son moderadamente cálidos, mentres que os invernos son fríos e a humidade soe ser normalmente alta. As horas de luz

varían moito debido a latitude xeográfica, cunha oscilación que vai dende case 8 horas en decembro a case 17 en xuño.

España

O clima da rexión xeográfica da cornixa cantábrica onde foron recollidas as mostras é fundamentalmente oceánico, temperado e húmido, caracterizado por unha maior frecuencia de ventos de compoñente norte. A temperatura media anual é de 13 grados e a oscilación térmica de 12. Isto fai que a amplitude térmica sexa a mais baixa da Península. Hai 1700 horas de sol anuais e unha precipitación media de 1800 l m² cun promedio de 150-200 días de chuvia ao ano.

- Xistral

A Serra do Xistral é parte do macizo galaico que separa a Terra Chá do mar e foi declarada Espazo Natural Protexido. Ten un clima de montaña influenciado polo clima oceánico cunha baixa oscilación térmica, con precipitacións abundantes e regulares. É unha das zonas que menos sol recibe, cunha néboa frecuente procedente do mar que deixa abundante humidade e chuvia.

- Peñas

Atópase no Principado de Asturias. Está composto por acantilados que superan os 100 metros de altura, formados por roca cuarcita armoricana con resistencia a abrasión. Esta zona presenta a serie xeolóxica paleozoica mellor representada do Norte de España, ademais de urceiras e toxeirias características da cornixa cantábrica. Respecto ao clima, os veráns son cortos e secos, mentres que os invernos son longos, fríos e ventosos, polo que está parcialmente nublado durante todo o ano. A oscilación térmica vai dende os 7 °C aos 22°C, rara vez baixa de 4°C ou sube de 25°C. En relación ás precipitacións, son regulares e as máis abundantes entre novembro e decembro. Por último, as horas do día varían moito durante o ano, sendo o día máis curto, con case 9 horas de luz, o 21 de decembro, mentres que o día máis longo, con case 16 horas de luz, é o 20 de xuño.

- Pimiango

Atópase no Principado de Asturias. Respecto ao clima, os veráns son secos, mentres que os invernos son longos, fríos, húmidos e ventosos, case todo o ano está nublado. A oscilación térmica vai dende os 7 °C aos 23°C, rara vez baixa de 3°C ou sube de 26°C. En relación ás

precipitacións, son regulares e as máis abundantes entre novembro e decembro. Por último, as horas do día varían moito durante o ano, sendo o día máis corto, con case 9 horas de luz, o 21 de decembro, mentres que o día máis largo, con case 16 horas de luz, é o 20 de xuño.

- Bustantigo

Atópase no Principado de Asturias, en Allande. Está situado a 720m de altitude, na vertente esquerda do val que forma o río Ouro, a media ladeira do Picoutel. Respecto ao clima, os veráns son secos, mentres que os invernos son largos, fríos, húmidos e ventosos, polo que case todo o ano está nublado. A oscilación térmica vai dende os 4 °C aos 22°C, rara vez baixa de 0°C ou sube de 26°C. En relación ás precipitacións, son regulares e as máis abundantes ao redor de novembro. Por último, as horas do día varían moito durante o ano, sendo o día máis corto, con case 9 horas de luz, o 21 de decembro, mentres que o día máis largo, con case 16 horas de luz, é o 20 de xuño.

- Espina

Atópase no Principado de Asturias. Respecto ao clima, os veráns son secos, mentres que os invernos son largos, fríos, húmidos e ventosos, polo que case todo o ano está nublado. A oscilación térmica vai dende os 4 °C aos 22°C, rara vez baixa de 0°C ou sube de 25°C. En relación ás precipitacións, son regulares e as máis abundantes entre novembro e decembro. Por último, as horas do día varían moito durante o ano, sendo o día máis corto, con case 9 horas de luz, o 21 de decembro, mentres que o día máis largo, con case 16 horas de luz, é o 20 de xuño.

3.4. Mostraxe

3.4.1. Plantas utilizadas no estudo:

As plantas que se tratan neste estudo das especies *E. mackayana*, *E. ciliaris*, *E. tetralix* e *E. stuartii*, foron recollidas en España e Países baixos. En España recolléronse un total de 67 mostras distribuídas en 6 poboacións diferentes (Figura 9), mentres que nos Países baixos recolléronse 9 mostras.

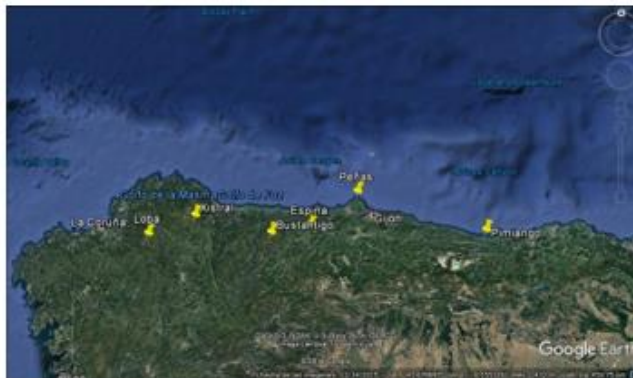


Figura 9: Distribución xeográfica das poboacións españolas.

3.4.2. Recollida de mostras:

As plantas utilizadas neste estudo foron previamente recollidas e dixitalizadas, a excepción das pertencentes á poboación de Xistral e Países Baixos que faltaba dixitalizar, de modo que estaban dispoñibles para o súa posterior análise mediante o programa ImageJ (Schindelin et al. 2015), ao igual que os calibrados de cada mostra.

Para a conservación de mostra foron prensadas tendo bastante coidado en que se puidesen ver ben tódolos caracteres de interese para o seu estudo posterior. Así, evitábase correr o risco de que sufriran algún deterioro polo seu transporte ou pola humidade ambiental.

Ademais dos pregos, tamén foron recollidas outras mostras de follas e flores para levar a cabo tanto medidas do aparato reprodutor da planta (ovario e antera) como estudos xenéticos posteriores.

3.5. Tratamento das mostras:

3.5.1. Dixitalizado dos pregos

O dixitalizado dos pregos que faltaban levouse a cabo nun día. Utilizouse un escáner de alta resolución (Figura 10) co obxectivo de definir as imaxes ao máximo para que ao pasar a traballar co programa analizador de imaxes non se vise con problemas de pixelado. Ao dixitalizar sempre se inclúe unha escala de referencia con precisión de milímetros para manter unha escala igual en tódalas medidas e plantas.



Figura 10: Escáner de alta resolución.

3.5.2. Fotografías en lupa

Tomaríanse fotografías na lupa para ver en detalle pezas da flor como son os ovarios e os estames. Isto realízase grazas a unha cámara fotográfica conectada a propia lupa. Neste caso, debido a crise por mor do Covid-19, non se puido levar a cabo.

3.5.3. Uso do analizador de imaxes

Para a análise de imaxes, unha vez que están dixitalizadas, utilízase un programa denominado ImageJ (Schindelin et al. 2015). Esta ferramenta permítenos medir distancias (Figura 11) entre puntos (tanto rectas como curvas) obtendo de tal xeito unha táboa de medidas que logo pode ser transferida a arquivos de Microsoft EXCEL para o posterior manexo de datos e cálculo de variables de interese para dito estudo.

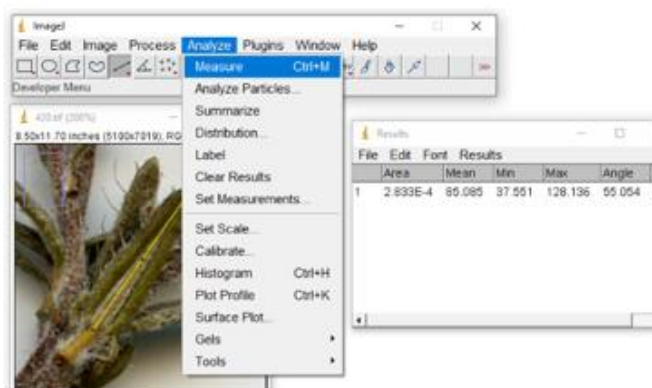


Figura 11: Obtención de medidas mediante o programa ImageJ.

3.5.3.1 Calibrado



Figura 12: Calibrado en ImageJ.

Para o calibrado das imaxes utilízase a escala colocada previamente no dixitalizado, mídense dous puntos coñecidos e modifícanse no programa a referencia mm/píxeles (Figura 12) e gárdase para tódalas medidas posteriores. Así, unha vez se mida a distancia entre dous puntos ou máis, segundo o que se desexe, obteranse as distancias na escala correcta.

3.5.4. Creación de táboas de datos

As táboas foron creadas de forma individual para cada carácter que se analizou. Para cada mostra fixéronse varias medidas como réplicas e así obtívose unha media máis fiable e real da mostra.

Unha vez obtidas tódalas medidas, que poden oscilar en cada mostra debido a calidade do material, calcúlanse as medias para que a matriz de datos sexa máis sinxela de manipular (Figura 13). De tal xeito pódese observar facilmente se hai datos atípicos, como poden ser, datos altos ou baixos que provoquen que as medias se desvíen e dean datos pouco fiables ao sometelos a análises estatísticas.

A táboa final estaría formada cos datos obtidos das medidas das variables, tanto para follas como para flores xunto coa localización de recollida e especie. Estes datos serán os que se utilicen posteriormente no programa R para facer a análise estatística.

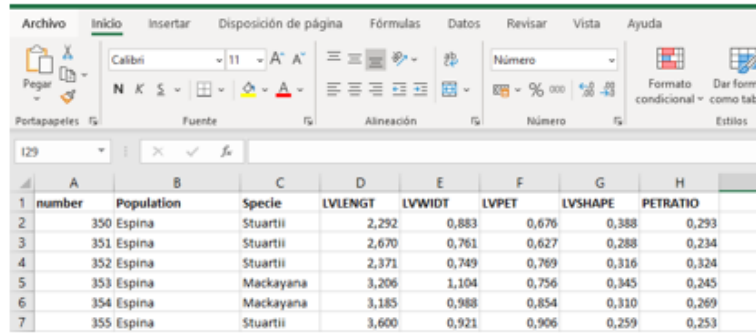


Figura 13: Creación de táboas en EXCEL.

3.6. Análise estadístico:

Para levar a cabo o estudo morfolóxico tómanse as seguintes medidas cuantitativas mediante o programa informático ImageJ:

- Respecto a follas: Largo, ancho, lonxitude pecíolo, morfoloxía da folla (relación ancho-largo) e a relación largo folla-pecíolo.
- Respecto a flores: largo, ancho, apertura da corola, exerción do estilo, morfoloxía da flor (relación largo-ancho) e relación apertura corola-ancho flor.

De tódalas medidas fanse varias réplicas. Unha vez obtidas, realízase a media para obter valores o máis reais posibles de cada unha das mostras de interese. Finalmente, reúnense tódolos datos construíndo a matriz coa que se traballará posteriormente (Figura 14 e 15).

number	Population	Specie	LVLENGT	LVWIDT	LVPET	LVSHAPE	PETRATIO
350	Espina	Stuartii	2,292	0,883	0,676	0,388	0,293
351	Espina	Stuartii	2,670	0,761	0,627	0,288	0,234

Figura 14: Parámetros de estudo para as follas.

number	Population	Specie	COLENGT	COWIDT	COMOUT	EXSTYLE	COSHAPE	COOPEN
350	Espina	Stuartii	4,602	3,097	1,653	0,709	0,674	0,535
351	Espina	Stuartii	4,887	2,963	1,697	0,812	0,607	0,578

Figura 15: Parámetros de estudo para as flores.

As matrices de datos estúdiaranse mediante unha análise estatística para determinar a existencia ou non de diferenzas significativas.

- Análise estatística con R:

R é un software libre que permite realizar análises estatísticas. Mediante a cal se pode obter tanto gráficos que permiten visualizar facilmente un amplo conxunto de datos como unha análise máis pormenorizada de ditos datos. Antes de elixir que análise se aplica hai que

determinar se a nosa matriz presenta normalidade, e polo tanto, se se lle pode aplicar un ANOVA, ou pola contra, se se debe buscar unha alternativa, neste caso un test non paramétrico, Kruskal-Wallis. Para o cal usaremos os seguintes test:

- Shapiro-Wilk:

En estatística, o test de Shapiro-Wilk úsase para contrastar a normalidade de un conxunto de datos. O primeiro que se propón son as hipóteses a estudar.

H_0 : a mostra presenta normalidade.

H_1 : a mostra non presenta normalidade.

Unha vez realizado o test, o programa R danos unha saída tal que así:

```
Population = Bustantigo
      shapiro-wilk normality test
data: COLENGT
W = 0.97429, p-value = 0.9294

p-values adjusted by the Holm method:
      unadjusted adjusted
Bustantigo 0.92936      1
Espina     0.65279      1
Peñas     0.87125      1
Pimiango  0.44940      1
Xistral   0.48055      1
```

Figura 16: Saída de R do estudo da normalidade.

Ao obter o resultado do test (Figura 16), débese observar o p-valor que é o que determina si se acepta ou rexeita a hipótese nula. Para un nivel de significación do 95% se o p-valor é menor ca 0.05, rexeitase dita hipótese e se pola na contra é maior, acéptase.

- Anova

En estatística, o test ANOVA úsase para probar a hipótese de que as medias de dúas ou máis poboacións son iguais. O primeiro que se debe facer, como indicabamos no test anterior, é presentar as hipóteses:

H_0 : medias son iguais, non hai diferenzas significativas

H_1 : medias son diferentes, hai diferenzas significativas

Unha vez realizado o test (Figura 17), o programa R presenta unha saída como a seguinte:

```
> Modelo.1 <- lm(COLENGT~Population, data=Datos)
> AnovaModel.res <- aov(COLENGT~Population, data=Datos)
> summary(Modelo.1)

Call:
lm(formula = COLENGT ~ Population, data = Datos)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.24370 -0.33329 -0.05451  0.29588  1.09010

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      5.3053     0.1800  29.478  <2e-16 ***
PopulationEspina  0.0864     0.2473   0.349   0.730
PopulationPeñas  -0.3136     0.3446  -0.910   0.371
PopulationPimiango -0.1405     0.3446  -0.408   0.687
PopulationXistrañ -0.1816     0.2545  -0.713   0.482
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.509 on 26 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.07565,    Adjusted R-squared:  -0.06656
F-statistic: 0.5319 on 4 and 26 DF, p-value: 0.7134
```

Figura 17: Saída de R do ANOVA.

Ao obter o resultado do test, débese observar o p-valor que é o que determina si se acepta ou rexeita a hipótese nula. Para un nivel de significación do 95% se o p-valor é menor ca 0.05, rexeitase dita hipótese e se pola contra é maior, acéptase.

- Kruskal-Wallis:

En estatística a proba de Kruskal-Wallis é un método non paramétrico, polo que non asume normalidade nos datos, posto que, sería o equivalente a un ANOVA para cando o conxunto de datos non cumpre o criterio da normalidade. Deste xeito, como no ANOVA, o que se busca é probar se as medias son iguais ou diferentes. O primeiro que se fai é presentar as hipóteses:

H_0 : medias son iguais, non hai diferenzas significativas

H_1 : medias son diferentes, hai diferenzas significativas

Unha vez realizado o test, o programa R presenta unha saída así:

```

> #####
> # Contraste no paramétrico: Kruskal-Wallis
> #####
> oneway.test(LVLENGT ~ Population, data=Datos) # Welch test

> kruskal.test(LVLENGT~Population)

      kruskal-wallis rank sum test

data:  LVLENGT by Population
Kruskal-wallis chi-squared = 4.602, df = 4, p-value = 0.3306

> pairs.KW <- pairwise.wilcox.test(LVLENGT, Population, p.adjust.method = "BH")
> pairs.KW

      Pairwise comparisons using wilcoxon rank sum exact test

data:  LVLENGT and Population

      Bustantigo Espina Peñas Pimiango
Espina  0.80      -      -      -
Peñas   0.92     0.92     -      -
Pimiango 0.92     0.42     0.80     -
Xistral  0.92     0.80     0.92     0.42

```

Figura 18: Saída de R do test Kruskal-Wallis

Como nas probas anteriores ao obter o resultado (Figura 18) hai que fixarse no valor que nos marca o p-valor, xa que é este o que determina se se acepta ou rexeita a hipótese nula. Para un nivel de significación do 95% se o p-valor é maior de 0.05, acéptase dita hipótese, no caso de ser o p-valor menor ca 0.05, rexéitase.

En caso de empregar esta mostra, tamén presenta a posibilidade de estudar as mostras por pares, o que sería equivalente ao método Tukey.

- Método Tukey:

O método Tukey utilízase en ANOVA para crear intervalos de confianza para tódalas diferenzas en parellas entre as medias dos niveis dos factores mentres controla a taxa de erro por familia nun nivel especificado. Neste caso úsase para comparar por pares as poboacións e así ver, concretamente, cales difiren, obtendo unha saída tal que así (Figura 19):

```

> # Contrastes múltiples
> com.pairs.tuk <- TukeyHSD(anovamodel.res, "Population", conf.level = 0.95,
> com.pairs.tuk
      Tukey multiple comparisons of means
      95% family-wise confidence level
      factor levels have been ordered

Fit: aov(formula = COLENGT ~ Population, data = Datos)

$Population
      diff      lwr      upr      p adj
Bustantigo-Espina 0.4078024 -0.1710421 0.9866468 0.1519552

```

Figura 19: Saída de R de contrastes múltiple, método de Tukey.

- Test Normalidade Kolmogorov-Smirnov:

É unha proba estatística que determina a bondade de axuste de dúas distribución de probabilidade entre si. O primeiro que se fai é presentar as hipóteses:

- H_0 : a mostra presenta normalidade.
- H_1 : a mostra non presenta normalidade.

- Test Homocedasticidade Barlett:

É unha proba estatística que se utiliza para probar se as varianzas das poboacións son iguais ou non, é dicir, se presenta homocedasticidade. O primeiro que se fai é presentar as hipóteses:

- H_0 : varianzas son iguais.
- H_1 : varianzas son diferentes.

- Test Homocedasticidade Levene:

É unha proba estatística inferencial utilizada para avaliar a igualdade das varianzas para unha variable calculada para dous ou máis grupos. O primeiro que se fai é presentar as hipóteses:

H_0 : varianzas son iguais.

H_1 : varianzas son diferentes.

Estes 3 tipos de test, ao igual que Shapiro-Wilk, obtéñense ao analizar os residuos das mostras, R presenta unha saída tal que así:

	Estadístico	p-valor
Test Normalidad shapiro-wilks	0.977349	0.970836
Test Normalidad kolmogorov-smirnov	0.144897	0.694462
Test de Homocedasticidad de Bartlett	3.694262	0.157689
Test de Homocedasticidad de Levene	2.464707	0.140086

Figura 20: Saída de R análise de residuos.

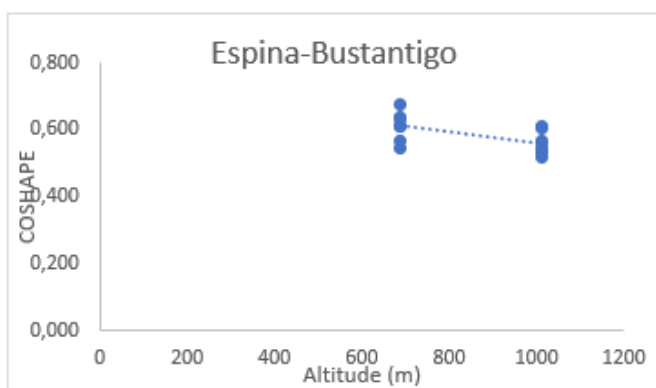
Como nas probas anteriores ao obter o resultado (Figura 20) hai que fixarse no valor que marca o p-valor, xa que é este o que determina se se acepta ou rexeita a hipótese nula. Para un nivel de significación do 95% se o p-valor é maior de 0.05, acéptase dita hipótese, no caso de ser o p-valor menor ca 0.05, rexéitase.

4. Resultados:

O primeiro que hai que observar ao realizar un estudio estatístico son os resumes das nosas mostras, para ver a simple vista como é a matriz coa que se vai a traballar (ANEXO A). A continuación, estúdase a normalidade mediante o test de Shapiro-Wilks para ver a predisposición dos datos, ao igual que tamén se realiza un ANOVA. Obsérvase un resume dos p-valores obtidos na proba estatística ANOVA para cada un dos caracteres medidos (ANEXO B), estes resultados indican se en un primeiro lugar van existir ou non esas diferenzas, pero realmente o que aporta valía ao estudo é a análise dos residuos, que consiste en probas de normalidade e homocedasticidade. Ambas son necesarias para determinar se os datos compren ou non o modelo da normalidade e así, determinar o uso dun método Tukey, ou pola contra un non paramétrico como é Kruskal- Wallis.

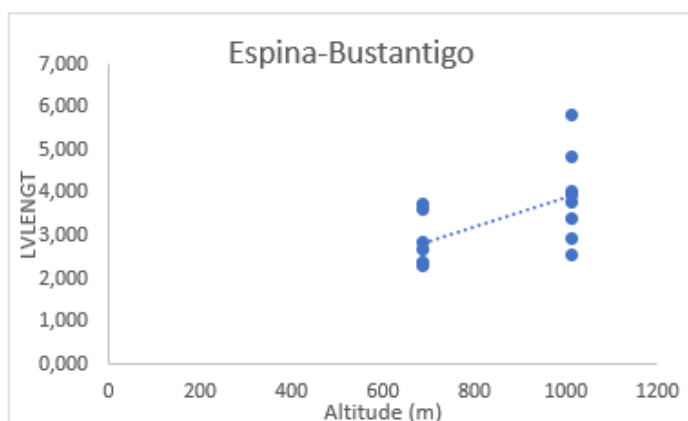
Os datos divídense en dous grupos que se analizan de forma independente, follas e flores (ANEXO A). Unha vez analizados mediante o programa estatístico R, obtéñense as seguintes diferenzas:

- *E. stuartii*



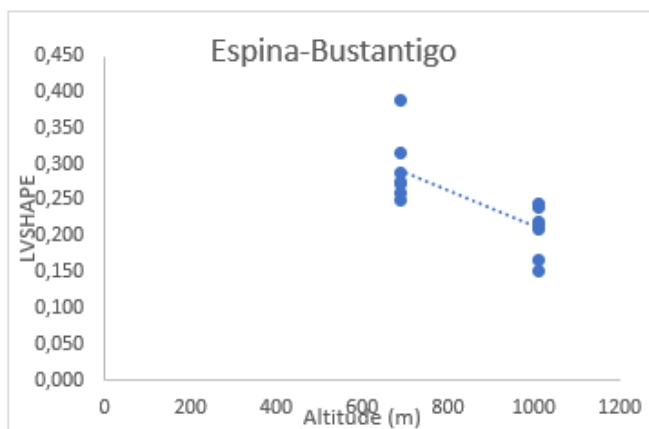
Gráfica 1: Gráfico dispersión COSHAPE vs Altitude en flores de *E. stuartii*.

A primeira especie que se analiza é *E. stuartii*, na que se obtén, respecto ás flores, diferenzas significativas entre as poboacións de Pimiango e Bustantigo en referencia a relación que hai entre largo e ancho da corola (Gráfica 1).

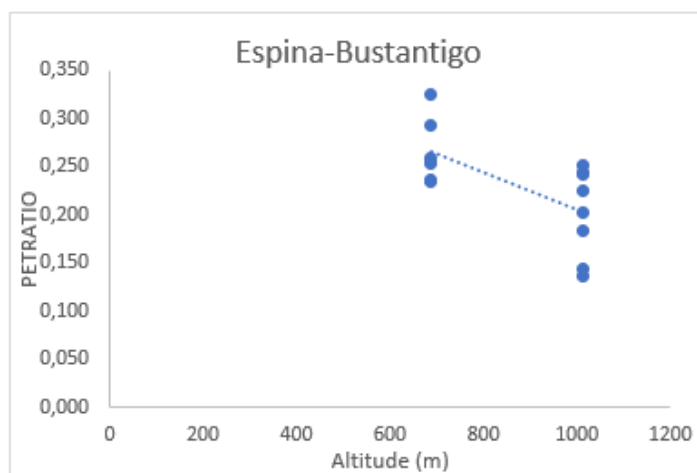


Gráfica 2: Gráfico dispersión LVLENGT vs Altitude en follas de *E. stuartii* nas poboacións de Espina e Bustantigo.

E respecto ás follas, aprécianse diferenzas en diferentes caracteres, que serían, largo da folla (Gráfica 2), relación entre largo e ancho da folla (Gráfica 3) e por último, na relación entre o largo da folla e pecíolo (Gráfica 4).



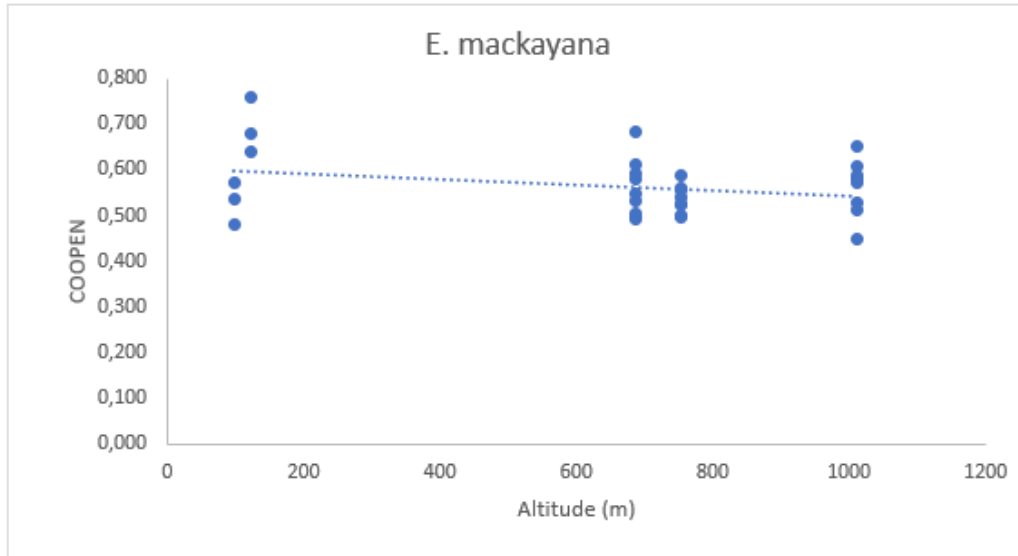
Gráfica 3: Gráfico dispersión LVSHAPE vs Altitude en follas de *E. stuartii* nas poboacións de Espina e Bustantigo.



Gráfica 4: Gráfico dispersión PETRATIO vs Altitude en follas de *E. stuartii* nas poboacións de Espina e Bustantigo.

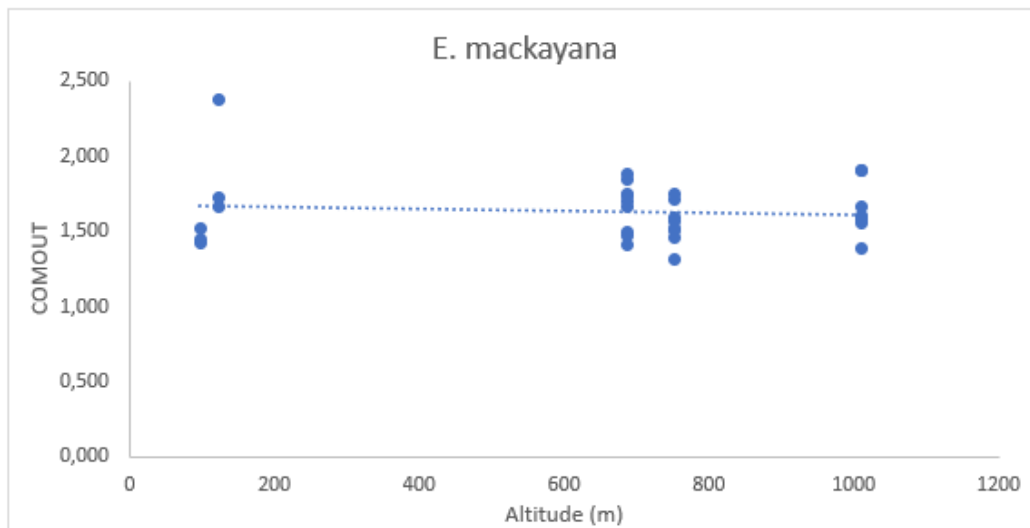
- *E. mackayana*

Para a especie *E. mackayana* obtense, respecto ás flores, diferenzas significativas entre a poboación de Pimiango e as de Xistral e Peñas en referencia á abertura da corola (Gráfico 5).

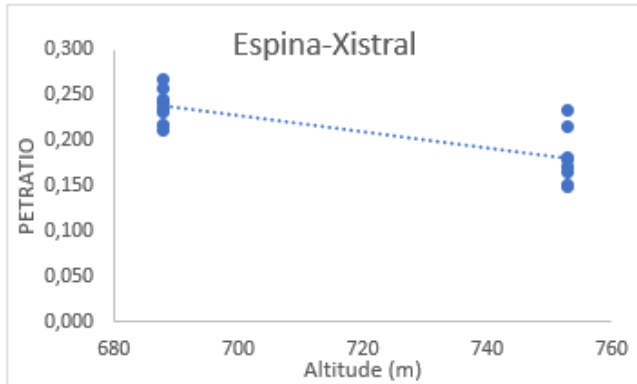


Gráfica 5: Gráfico dispersión COOPEN vs Altitude en flores de *E. mackayana*.

Tamén se observan diferenzas entre a poboación de Pimiango e as de Xistral, Espina, Peñas e Bustantigo en referencia á relación da abertura da corola e ao longo da flor (Gráfico 6).



Gráfica 6: Gráfico dispersión COMOUT vs Altitude en flores de *E. mackayana*.

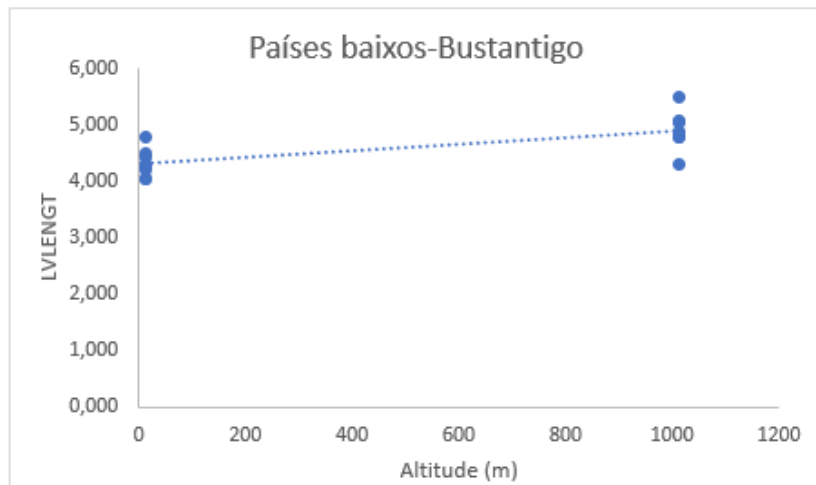


Gráfica 7: Gráfico dispersión PETRATIO vs Altitude en follas de *E. mackayana* nas poboacións de Espina e Xistral..

E respecto ás follas, aprécianse diferenzas entre as poboacións de Xistral e Espina para o carácter de relación entre o longo da folla e pecíolo (Gráfica 7).

- *E. tetralix*

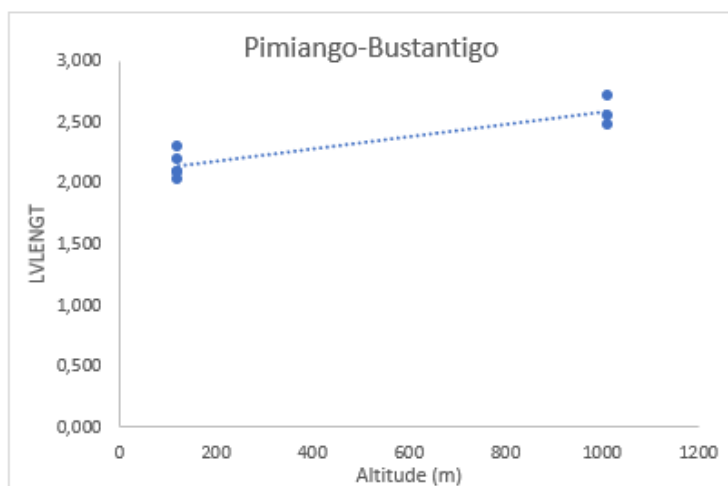
Para a especie *E. tetralix* só se obtéñen diferenzas significativas nas follas, concretamente, no carácter longo de folla entre as poboacións de Países Baixos e Bustantigo (Gráfico 8). É na única especie na que se pode observar a diferenza de latitude, concluíndo que si que afecta ao tamaño das follas dita diferenza.



Gráfica 8: Gráfico dispersión LVLENGT vs Altitude en follas de *E. tetralix* nas poboacións de Países baixos e Bustantigo.

- *E. ciliaris*

Para a especie *E. ciliaris* só se obteñen diferenzas significativas para o carácter longo de folla entre as poboacións de Bustantigo e Pimiango (Gráfica 9).



Gráfica 9: Gráfico dispersión LVLLENGT vs Altitude en follas de *E. ciliaris* nas poboacións de Pimiango e Bustantigo.

5. Discusión:

Este traballo permite observar a morfoloxía de follas e flores de 4 especies en 6 poboacións diferentes, podendo comparalas e determinar se existen diferenzas entre elas. Finalmente, obsérvanse respecto ás follas en tódalas especies nalgún dos parámetros medidos e respecto ás flores só aparecen en *E. mackayana* e *E. stuartii*.

A pesar de que dentro das poboacións non se aprecian grandes diferenzas respecto á climatoloxía, posto que son poboacións que están moi preto xeograficamente, a excepción da poboación de Países baixos, e as estacións meteorolóxicas nalgún caso están próximas, pode verse que si se aprecian certas diferenzas no fenotipo das especies estudadas. O que cabe esperar nos resultados é que a maior altitude e latitude os climas son máis fríos e polo tanto a resposta fisiolóxica das plantas sería presentar menor tamaño tanto en follas como en flores (Peppe et al., 2011). En outros estudos, observouse que certas plantas presentan unha variación fenotípica ligada á altitude e latitude (Zhang et al., 2019), polo que se pode afirmar que en algunha especie, ben pola súa sensibilidade ás variacións do medio, ou ben porque son especies de distribución moi limitada, estes factores son relevantes (Li et al., 2021).

Pequenas variacións edafolóxicas e de factores esenciais, como poden ser a precipitación, altitude, radiación solar e a humidade do solo consegue que se formen micro hábitats que

darían explicación a estas diferenzas que se presentan nas mostras (Arteaga et al., 2015) (Gratani, 2014) (Duruflé et al., 2019). A precipitación pode chegar a ser un factor clave na diferenciación fenotípica, posto que incluso pequenas variacións que non se aprecian nun estudo climático xeral poden ser suficiente para que a planta presente adaptacións (Villegas et al., 2014). Hai que ter en conta que o cambio climático tamén pode ser un factor moi relevante á hora de atopar diferenzas significativas entre especies que se viran máis ou menos afectadas respecto ás outras, e se adaptaran de forma distinta (Duncan, 2013).

E por último, outro factor externo que pode afectar aos cambios fenotípicos poden ser os polinizadores. Que non sexa o mesmo insecto ou que sexa outro animal o portador do pole pode chegar a afectar ao desenvolvemento da planta e que sexa diferente fenotipicamente. Ao mesmo tempo tamén se observan diferenzas nas comunidades de polinizadores en base a diferenzas fenotípicas nunha planta, polo que queda claro unha relación estreita entre polinizadores e plantas (Yu et al., 2018).

Neste estudo morfolóxico, non se pode xustificar de xeito adecuado e concluínte as diferenzas que se podan presentar, as diferenzas que se observan son pequenas, inda que estatisticamente sexan significativas, só se presentan en algún carácter e non seguen un patrón común que se poda explicar polos factores que se explican anteriormente. Non se observa un paralelismo entre os comportamentos fenotípicos das mostras e os factores xeográficos. As diferenzas que se presentan non seguen unha relación nin inter nin intrapoboacional, senón que se observan en distintos parámetros sen unha clara dependencia.

Deberíanse realizar estudos posteriores relacionados co clima das diferentes poboacións ao igual que outros factores que poidan afectar ao hábitat, como son as inclinacións do solo e a súa composición, que permite saber a súa capacidade de retención de humidade, factor relevante para explicar pequenas diferenzas inexistentes a priori. Outro estudo interesante a realizar sería sobre a polinización dentro deste xénero, e máis concretamente nas catro especies que se citan neste traballo para poder afirmar que este factor é relevante como nun principio parece. E por último, facer máis replicas e recoller novas mostras nas poboacións estudadas e repetir o traballo máis amplamente para descartar datos atípicos e deste xeito afinar a busca de diferenzas significativas. Cabe destacar que todos estes cambios fenotípicos poden verse reflexados en variacións do xenotipo (Mondino, 2014) (Gao et al., 2018). Polo que un estudo xenético das especies tratadas no estudo pode ser un traballo moi interesante no futuro.

6. Conclusións:

1. Hai diferenzas entre poboacións nas especies de *E. stuartii* e *E. mackayana* respecto ás flores. En *E. stuartii* respecto á relación largo-ancho na corola entre Bustantigo e Espina. En *E. mackayana* respecto á apertura de corola entre Pimiango-Xistral e Pimiango-Peñas e á relación largo-apertura corola preséntanse diferenzas entre Pimiango e o resto de poboacións.
2. Hai diferenzas entre poboacións en tódalas especies respecto ás follas. En *E. stuartii* na relación de largo folla-pecíolo entre as poboacións de Bustantigo e Espina. En *E. mackayana* respecto á relación no largo folla-pecíolo entre as poboación de Espina e Xistral. En *E. tetralix* respecto ao largo das follas entre Bustantigo e Países baixos. E en *E. ciliaris* respecto tamén ao largo das follas entre Bustantigo e Pimiango.
3. As follas, en relación coa altitude, son de maior tamaño a maior altitude, cando o que se esperaba era todo o contrario. En cambio, respecto á relación tamaño folla e pecíolo os valores son máis baixos a maior altitude ao igual que a relación de largo e ancho da folla.
4. As flores respecto á altitude presentan unha maior apertura de corola, unha maior relación ancho-largo da corola e unha maior relación largo-apertura corola a altitudes mais baixas, observándose un descenso ao aumentar a altitude.
5. A latitude só se pode ter en conta na especie de *E. tetralix*, posto que é a única que se recolleu nos Países Baixos. Para esta especie, como se comentou anteriormente, só se atoparon diferenzas respecto ao largo das follas. É dicir, a diferenza de latitude que se presenta neste estudo sería entre Países Baixos e España e a conclusión á que se chega na especie analizada é que a maior latitude, menor é o tamaño das follas.
6. A latitude respecto ás flores non presenta diferenzas significativas.
7. O fenotipo das especies estudadas non parece estar ligado ás diferencias xeográficas das poboacións.

Conclusiones

1. Hay diferencias entre poblaciones en las especies de *E. stuartii* e *E. mackayana* respecto a las flores. En *E. stuartii*, respecto a la relación largo-ancho en la corola entre Bustantigo y Espina. En *E. mackayana* respecto a la apertura de corola entre Pimiango-Xistral y Pimiango-Peñas y en la relación largo-apertura corola se presentan diferencias entre Pimiango y el resto de poblaciones.
2. Hay diferencias entre poblaciones en todas las especies respecto a las hojas. En *E. stuartii* en la relación de largo hoja-pecíolo entre las poblaciones de Bustantigo y Espina, en *E. mackayana* respecto a la relación largo hoja-pecíolo entre las poblaciones de Espina y Xistral. En *E. tetralix* respecto al largo de hojas entre Bustantigo y Países bajos. Y en *E. ciliaris* respecto largo de hojas entre Bustantigo y Pimiango.
3. Las hojas, en relación con la altitud, son de mayor tamaño a mayor altitud, cuando lo que se esperaba era todo lo contrario. En cambio, respecto a la relación tamaño hoja y pecíolo los valores son más bajos a mayor altitud al igual que la relación de largo y ancho de la hoja.
4. Las flores respecto a la altitud, presenta una mayor apertura de corola, una mayor relación ancho-largo de la corola y una mayor relación largo-apertura corola a altitudes más bajas, observándose un descenso al aumentar la altitud
5. La latitud sólo se puede tener en cuenta en la especie de *E. tetralix* puesto que es la única que se ha recogido en los Países Bajos. Para esta especie, como se ha comentado anteriormente, sólo se encontraron diferencias respecto a la longitud de las hojas. Es decir, la diferencia de latitud que se presenta en este estudio sería entre Países Bajos y España y la conclusión a la que se llega en la especie analizada es que, a mayor latitud, menor es el tamaño de las hojas.
6. La latitud respecto a las flores no presenta diferencias significativas.
7. El fenotipo de las especies estudiadas no parece estar ligado a las diferencias geográficas de las poblaciones.

Conclusions

1. There are differences between populations in *E. stuartii* e *E. mackayana* species about flowers; in *E. stuartii* about length – width in the corolla between Bustantigo and Espina. In *E. mackayana* about corolla opening between Pimiango-Xistral and Pimiango-Peñas and about the length – opening corolla relation there are differences between Pimiango and the rest of populations.
2. There are differences between populations in all species about leaves. In *E. stuartii* in the relation of leave lengt -petiole between the populations of Bustantigo and Espina. In *E. mackayana* about the relation in the leave length-petiole between the populations of Espina and Xistral. In *E. tetralix* about the relation in the leave length between Bustantigo and the Netherlands. And in *E. ciliaris* about the relation in the leave length between Bustantigo and Pimiango too.
3. Leaves, in relation with the altitude, are larger in higher altitude when the expected was quite the opposite. However, about the leave size- petiole relation, the values are smaller in a higher altitude as the leaves length – width relation.
4. Flowers, about the altitude, presents a larger corolla opening, a larger corolla width-length and a larger corolla length-opening relation in lower altitudes, being observed a drop increasing the altitude.
5. Latitude can be only considered in *E. tetralix*, because is the only one collected in the Netherlands. For that specie, as it was commented before, were found differences only about the leaves length; it means, the difference of latitude that is presented in that study would be between the Netherlands and Spain and the conclusion that we arrive in that specie is that in a larger latitude smaller leaves size.
6. Latitude about flowers does not present notable differences.
7. The phenotype of the studied species does not seem to be related with the geographical differences of the populations.

7. Bibliografía:

- Arteaga, M. C., Bello-Bedoy, R., De La Luz, J. L. L., Delgadillo, J., & Dominguez, R. (2015). Phenotypic variation of flowering and vegetative morphological traits along the distribution for the endemic species *Yucca capensis* (Agavaceae). *Botanical Sciences*, 93(4), 765–770. <https://doi.org/10.17129/botsci.214>
- Bayer, EH. (1993). *Erica* L. En Castroviejo, S., Aedo C., Gómez-Campo C, Lainz M, MoralesR, Montserrat, R., Muñoz Garmendia F, Nieto Feliner G, Rico E, Talaver S, Villar L. (Editors), *Flora Iberica* Vol. IV. CSIC, Madrid.
- Duncan, R. P. (2013). Leaf morphology shift is not linked to climate change. *Biology Letters*, 9(1), 882–886. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2012.0659>
- Durufilé, H., Ranocha, P., Mbadinga Mbadinga, D. L., Déjean, S., Bonhomme, M., San Clemente, H., Viudes, S., Eljebbawi, A., Delorme-Hinoux, V., Sáez-Vásquez, J., Reichheld, J. P., Escaravage, N., Burrus, M., & Dunand, C. (2019). Phenotypic trait variation as a response to altitude-related constraints in arabidopsis populations. *Frontiers in Plant Science*, 10(April), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00430>
- Fagúndez, J. (2006). Two wild hybrids of *Erica* L. (Ericaceae) from northwest Spain. *Botanica Complutensis*, 30, 131–135. <https://doi.org/10.5209/BOCM.7116>
- Fraga Vila, L., García Tasende M., Sahuquillo Balbuena, E., (2001). Vegetación características de las turberas de Galicia. En: Turberas de montaña de Galicia. Xunta de Galicia.
- Fraga Vila M. I. (1982) Aportación as estudio taxonómico de las especies de los géneros *Erica* y *Calluna* presentes en Galicia. Tesis doctoral. Universidade de Santiago de Compostela.
- Gao, S. B., Mo, L. D., Zhang, L. H., Zhang, J. L., Wu, J. B., Wang, J. L., Zhao, N. X., & Gao, Y. B. (2018). Phenotypic plasticity vs. local adaptation in quantitative traits differences of *Stipa grandis* in semi-arid steppe, China. *Scientific Reports*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21557-w>
- Gratani, L. (2014). Plant Phenotypic Plasticity in Response to Environmental Factors. *Advances in Botany*, 2014, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2014/208747>
- Li, Y., Li, S., Lu, X. y col. Variación fenotípica foliar de la planta en peligro de extinción *Tetracentron sinense* Oliv. e influencia de factores geográficos y climáticos *J. Para res.* 32, 623-636 (2021) <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01124-8>
- Mondino. (2014). Variación geográfica y genética en caracteres adaptativos iniciales de *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser en una zona de alta heterogeneidad ambiental. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Buenos Aires.

- Nelson, E. C. & Fraga, M. I. (1983). *Studies in Erica mackaiana* Bab. II: distribution in Northern Spain. *Glacra* 7: 25-33.
- Peppe, D. J., Royer, D. L., Cariglino, B., Oliver, S. Y., Newman, S., Leight, E., Enikolopov, G., Fernandez-Burgos, M., Herrera, F., Adams, J. M., Correa, E., Currano, E. D., Erickson, J. M., Hinojosa, L. F., Hoganson, J. W., Iglesias, A., Jaramillo, C. A., Johnson, K. R., Jordan, G. J., ... Wright, I. J. (2011). Sensitivity of leaf size and shape to climate: Global patterns and paleoclimatic applications. *New Phytologist*, 190(3), 724–739. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03615.x>
- Schindelin, J.; Rueden, C. T. & Hiner, M. C. et al. (2015), "The image J ecosystem: An open platform for biomedical image analysis", *Molecular Reproduction and Development*, PMID 26153368 (on Google Scholar).
- Skeffington, M. S. (2015). Ireland's lusitanian heathers - An *Erica mackayana* perspective. *Ecological Questions*, 21(June), 13–15. <https://doi.org/10.12775/EQ.2015.002>
- Stace, C., Preston, C., Pearman, D., (2015). Hybrid flora of the british isles. Botanical society of Britain and Ireland.
- Valdés Catrillón, B., Talavera Lozano, S., Fernández-Galiano Fernández, E. (eds.) (1987). *Flora vascular de Andalucía occidental*. 1.
- Villellas, J., Berjano, R., Terrab, A., & García, M. B. (2014). Divergence between phenotypic and genetic variation within populations of a common herb across Europe. *Ecosphere*, 5(5), 1–14. <https://doi.org/10.1890/ES13-00291.1>
- Webb, D. A. (1954). Notes on four Irish heaths, part 1. *Erica mackayana*. The irish naturalists Journal, 11:187-192.
- Yu, H., Liang, D., Tian, E., Zheng, L., & Kjellberg, F. (2018). Plant geographic phenotypic variation drives diversification in its associated community of a phytophagous insect and its parasitoids. *BMC Evolutionary Biology*, 18(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12862-018-1239-5>
- Zhang, M., Suren, H., Holliday, J. A., & Gaut, B. (2019). Phenotypic and Genomic Local Adaptation across Latitude and Altitude in *Populus trichocarpa*. *Genome Biology and Evolution*, 11(8), 2256–2272. <https://doi.org/10.1093/gbe/evz151>

ANEXO

a) MATRICES DE DATOS

- Matriz de datos de follas:

Número	Poboación	Altitude (m)	Especie	LVLENGT	LVWIDT	LVPET	LVSHAPE	PETRATIO
350	Espina	688	Stuartii	2,292	0,883	0,676	0,388	0,293
351	Espina	688	Stuartii	2,670	0,761	0,627	0,288	0,234
352	Espina	688	Stuartii	2,371	0,749	0,769	0,316	0,324
353	Espina	688	Mackayana	3,206	1,104	0,756	0,345	0,245
354	Espina	688	Mackayana	3,185	0,988	0,854	0,310	0,269
355	Espina	688	Stuartii	3,600	0,921	0,906	0,259	0,253
356	Espina	688	Stuartii	2,863	0,776	0,683	0,275	0,237
357	Espina	688	Stuartii	2,361	0,640	0,609	0,272	0,259
359	Espina	688	Mackayana	3,278	1,012	0,812	0,300	0,241
360	Espina	688	Tetralix	4,260	1,227	1,202	0,288	0,282
362	Espina	688	Mackayana	3,214	0,800	0,695	0,249	0,218
364	Espina	688	Stuartii	3,747	0,926	0,945	0,249	0,254
365	Espina	688	Mackayana	3,111	0,960	0,732	0,309	0,236
366	Espina	688	Mackayana	3,189	0,847	0,826	0,265	0,257
367	Espina	688	Mackayana	3,832	1,071	0,888	0,280	0,232
368	Espina	688	Mackayana	3,078	0,765	0,644	0,249	0,212
369	Peñas	98	Mackayana	3,770	1,272	0,672	0,338	0,178
370	Peñas	98	Mackayana	3,082	1,193	0,816	0,387	0,265
371	Peñas	98	Ciliaris	2,231	1,027	0,464	0,457	0,209
372	Peñas	98	Ciliaris	2,203	0,880	0,448	0,400	0,204
373	Peñas	98	Ciliaris	2,581	1,306	0,459	0,506	0,180
374	Peñas	98	Ciliaris	2,417	1,086	0,518	0,449	0,215
375	Peñas	98	Mackayana	3,242	0,996	0,675	0,308	0,223
376	Pimiango	122	Ciliaris	2,031	1,343	0,696	0,662	0,343
377	Pimiango	122	Mackayana	4,317	1,490	0,415	0,345	0,098
378	Pimiango	122	Mackayana	3,389	1,126	0,779	0,332	0,230
379	Pimiango	122	Ciliaris	2,090	1,092	0,516	0,523	0,258
380	Pimiango	122	Ciliaris	2,188	0,865	0,407	0,393	0,187
381	Pimiango	122	Ciliaris	2,300	1,054	0,454	0,456	0,198

Número	Poboación	Altitude (m)	Especie	LVLENGT	LVWIDT	LVPET	LVSHAPE	PETRATIO
382	Pimiango	122	Mackayana	3,526	0,898	0,690	0,255	0,196
383	Pimiango	122	Ciliaris	2,091	1,227	0,648	0,585	0,308
385	Bustantigo	1011	Mackayana	3,223	1,018	0,533	0,316	0,165
386	Bustantigo	1011	Tetralix	4,792	0,809	0,835	0,167	0,173
387	Bustantigo	1011	Stuartii	3,385	0,827	0,824	0,245	0,243
388	Bustantigo	1011	Stuartii	3,968	0,961	0,967	0,243	0,244
389	Bustantigo	1011	Ciliaris	2,477	1,232	0,482	0,493	0,194
390	Bustantigo	1011	Stuartii	3,770	0,915	0,508	0,240	0,137
391	Bustantigo	1011	Mackayana	3,049	1,004	0,530	0,330	0,174
392	Bustantigo	1011	Tetralix	4,311	1,183	1,127	0,286	0,272
393	Bustantigo	1011	Stuartii	4,033	0,842	0,735	0,209	0,184
394	Bustantigo	1011	Tetralix	4,872	0,931	0,752	0,193	0,161
395	Bustantigo	1011	Mackayana	4,038	1,222	0,724	0,307	0,179
396	Bustantigo	1011	Tetralix	5,067	1,124	1,036	0,224	0,210
397	Bustantigo	1011	Mackayana	3,105	0,725	0,504	0,233	0,162
398	Bustantigo	1011	Stuartii	2,540	0,558	0,568	0,219	0,225
399	Bustantigo	1011	Stuartii	2,941	0,659	0,409	0,214	0,143
400	Bustantigo	1011	Tetralix	4,782	0,831	1,454	0,174	0,303
401	Bustantigo	1011	Stuartii	4,866	0,815	1,225	0,167	0,252
402	Bustantigo	1011	Tetralix	5,506	0,971	0,916	0,178	0,162
403	Bustantigo	1011	Mackayana	4,035	1,299	1,100	0,322	0,273
404	Bustantigo	1011	Stuartii	5,804	0,869	1,165	0,151	0,202
405	Bustantigo	1011	Mackayana	3,687	1,034	0,895	0,281	0,242
407	Bustantigo	1011	Tetralix	5,033	0,970	0,986	0,193	0,195
408	Bustantigo	1011	Ciliaris	2,712	1,420	0,510	0,523	0,180
409	Bustantigo	1011	Ciliaris	2,556	1,177	0,630	0,460	0,250
410	Bustantigo	1011	Mackayana	3,727	1,083	0,650	0,290	0,174

Número	Poboación	Altitude (m)	Especie	LVLENGT	LVWIDT	LVPET	LVSHAPE	PETRATIO
411	Xístral	753	Mackayana	3,334	0,929	0,781	0,279	0,234
412	Xístral	753	Mackayana	3,169	0,879	0,565	0,277	0,180
413	Xístral	753	Mackayana	3,445	1,226	0,530	0,356	0,152
414	Xístral	753	Mackayana	3,985	1,407	0,659	0,353	0,165
415	Xístral	753	Mackayana	3,127	0,883	0,538	0,283	0,171
416	Xístral	753	Mackayana	3,228	0,930	0,471	0,289	0,148
417	Xístral	753	Mackayana	3,154	1,115	0,680	0,354	0,216
418	Xístral	753	Mackayana	3,360	1,017	0,610	0,302	0,182
419	Netherlands	12	Tetralix	4,042	0,946	0,881	0,234	0,218
420	Netherlands	12	Tetralix	4,272	0,874	1,030	0,203	0,241
421	Netherlands	12	Tetralix	4,782	1,058	0,985	0,223	0,206
422	Netherlands	12	Tetralix	4,434	0,936	1,200	0,212	0,271
423	Netherlands	12	Tetralix	4,486	0,984	0,918	0,219	0,209
424	Netherlands	12	Tetralix	4,296	0,723	1,078	0,168	0,251
425	Netherlands	12	Tetralix	4,198	0,759	0,774	0,181	0,185
426	Netherlands	12	Tetralix	4,057	0,746	1,040	0,184	0,256

- Matriz de datos de flores:

Número	Poboación	Altitude (m)	Especie	COLENGT	COWIDT	COMOUT	EXSTYLE	COSHAPE	COOPEN
350	Espina	688	Stuartii	4,602	3,097	1,653	0,709	0,674	0,535
351	Espina	688	Stuartii	4,887	2,963	1,697	0,812	0,607	0,578
352	Espina	688	Stuartii	5,641	3,061	1,845	0,488	0,545	0,613
353	Espina	688	Mackayana	5,485	3,781	1,876	0,865	0,692	0,496
354	Espina	688	Mackayana	5,650	2,964	1,705	0,488	0,523	0,579
355	Espina	688	Stuartii	5,600	3,419	1,568	0,979	0,611	0,459
356	Espina	688	Stuartii	5,382	3,435	1,807	0,492	0,637	0,526
357	Espina	688	Stuartii	5,349	3,343	1,547	0,739	0,630	0,466
358	Espina	688	Tetralix	5,912	3,470	1,660	0,175	0,587	0,476
359	Espina	688	Mackayana	5,026	2,857	1,753	0,591	0,570	0,613
360	Espina	688	Tetralix	7,427	4,712	1,992	0,573	0,641	0,423
361	Espina	688	Tetralix	6,025	3,003	1,320	1,033	0,500	0,440
362	Espina	688	Mackayana	6,081	2,690	1,842	0,365	0,442	0,685
363	Espina	688	Mackayana	5,275	2,983	1,467	0,813	0,566	0,493
364	Espina	688	Stuartii	5,982	3,373	1,788	0,659	0,566	0,531
365	Espina	688	Mackayana	5,381	2,968	1,498	0,731	0,552	0,505
366	Espina	688	Mackayana	4,931	3,173	1,740	0,620	0,648	0,547
367	Espina	688	Mackayana	5,657	2,800	1,658	0,665	0,495	0,592
368	Espina	688	Mackayana	5,041	2,628	1,406	0,678	0,521	0,533
369	Peñas	98	Mackayana	4,670	2,865	1,515	0,778	0,613	0,536
370	Peñas	98	Mackayana	5,289	3,033	1,444	0,422	0,574	0,479
371	Peñas	98	Ciliaris	9,121	3,572	2,499	1,928	0,393	0,699
372	Peñas	98	Ciliaris	8,102	3,966	2,065	1,244	0,492	0,522
373	Peñas	98	Ciliaris	9,106	4,117	2,300	1,426	0,452	0,562
374	Peñas	98	Ciliaris	8,958	4,614	2,608	1,799	0,518	0,580
375	Peñas	98	Mackayana	5,016	2,487	1,416	0,676	0,497	0,571
376	Pimiango	122	Ciliaris	8,293	4,644	1,993	1,652	0,560	0,429
377	Pimiango	122	Mackayana	5,079	2,462	1,665	0,524	0,485	0,678

Número	Poboación	Altitude (m)	Especie	COLENGT	COWIDT	COMOUT	EXSTYLE	COSHAPE	COOPEN
378	Pimiango	122	Mackayana	4,956	2,720	1,726	0,619	0,550	0,638
379	Pimiango	122	Ciliaris	7,297	3,734	2,425	1,902	0,513	0,652
380	Pimiango	122	Ciliaris	9,204	3,832	2,745	1,399	0,415	0,304
381	Pimiango	122	Ciliaris	8,199	4,461	2,236	2,265	0,546	0,502
382	Pimiango	122	Mackayana	5,459	3,132	2,377	0,520	0,574	0,758
385	Bustantigo	1011	Mackayana	4,758	2,812	1,594	0,453	0,592	0,570
386	Bustantigo	1011	Tetralix	5,874	3,373	1,794	1,030	0,578	0,535
387	Bustantigo	1011	Stuartii	5,162	2,939	1,537	0,800	0,569	0,525
388	Bustantigo	1011	Stuartii	6,173	3,452	1,748	0,309	0,561	0,516
389	Bustantigo	1011	Ciliaris	7,424	3,754	2,384	2,076	0,509	0,639
390	Bustantigo	1011	Stuartii	5,738	3,057	1,633	0,596	0,535	0,534
391	Bustantigo	1011	Mackayana	5,199	3,132	1,900	0,618	0,605	0,607
392	Bustantigo	1011	Tetralix	6,066	3,576	1,891	0,923	0,590	0,531
393	Bustantigo	1011	Stuartii	5,887	3,202	1,755	0,569	0,545	0,554
394	Bustantigo	1011	Tetralix	5,152	3,470	1,844	0,499	0,676	0,534
395	Bustantigo	1011	Mackayana	5,773	3,642	1,604	0,895	0,632	0,447
396	Bustantigo	1011	Tetralix	6,540	3,532	1,967	1,535	0,540	0,558
397	Bustantigo	1011	Mackayana	5,960	2,994	1,575	0,294	0,501	0,527
398	Bustantigo	1011	Stuartii	5,116	3,069	1,634	0,638	0,602	0,535
399	Bustantigo	1011	Stuartii	5,180	3,163	1,587	0,609	0,611	0,502
400	Bustantigo	1011	Tetralix	6,619	3,156	1,848	0,402	0,477	0,587
401	Bustantigo	1011	Stuartii	6,561	3,397	1,893	0,556	0,520	0,562
402	Bustantigo	1011	Tetralix	5,200	2,761	2,086	0,477	0,522	0,217
403	Bustantigo	1011	Mackayana	6,395	3,320	1,901	0,509	0,517	0,588
404	Bustantigo	1011	Stuartii	6,237	3,315	1,668	0,489	0,532	0,507
405	Bustantigo	1011	Mackayana	5,616	3,077	1,553	0,549	0,548	0,512
406	Bustantigo	1011	Mackayana	4,680	2,394	1,383	0,808	0,517	0,580
407	Bustantigo	1011	Tetralix	6,198	3,530	1,958	0,736	0,572	0,555

Número	Poboación	Altitude (m)	Especie	COLENGT	COWIDT	COMOUT	EXSTYLE	COSHAPE	COOPEN
408	Bustantigo	1011	Ciliaris	7,949	4,211	2,414	1,862	0,534	0,573
409	Bustantigo	1011	Ciliaris	8,604	4,517	2,180	2,027	0,525	0,483
410	Bustantigo	1011	Mackayana	4,062	2,551	1,663	0,834	0,629	0,652
411	Xistral	753	Mackayana	5,574	3,152	1,750	0,568	0,568	0,557
412	Xistral	753	Mackayana	4,664	3,009	1,503	0,788	0,647	0,498
413	Xistral	753	Mackayana	5,818	3,055	1,594	0,377	0,524	0,523
414	Xistral	753	Mackayana	5,214	2,917	1,715	0,964	0,560	0,589
415	Xistral	753	Mackayana	5,069	2,888	1,562	1,039	0,566	0,560
416	Xistral	753	Mackayana	5,049	2,812	1,514	0,897	0,558	0,541
417	Xistral	753	Mackayana	4,824	2,763	1,453	0,802	0,572	0,522
418	Xistral	753	Mackayana	4,778	2,689	1,314	0,825	0,561	0,498
419	Netherlands	12	Tetralix	5,661	3,186	1,462	0,977	0,563	0,461
420	Netherlands	12	Tetralix	6,001	2,948	1,402	0,545	0,492	0,474
421	Netherlands	12	Tetralix	6,943	3,289	1,861	0,818	0,476	0,565
422	Netherlands	12	Tetralix	6,843	3,511	2,074	0,654	0,513	0,593
423	Netherlands	12	Tetralix	5,819	2,930	1,751	0,736	0,508	0,606
424	Netherlands	12	Tetralix	6,538	3,240	1,776	0,713	0,496	0,550
425	Netherlands	12	Tetralix	6,637	2,911	1,670	0,456	0,439	0,577
426	Netherlands	12	Tetralix	5,724	2,879	1,621	0,462	0,502	0,566
427	Netherlands	12	Tetralix	6,125	3,358	1,902	0,548	0,548	0,566

b) RESUMO:

- Follas:

Especie	TEST	LVLENGT	LVWIDT	LVPET	LVSHAPE	PETRATIO
E. CILIARIS	ANOVA	0.0051	0.3147	0.4853	0.4208	0.22
E.MACKAIANA	ANOVA	0.2409	0.3047	0.2049	0.2451	0.0309
E.STUARTII	ANOVA	0.0333	0.9711	0.6638	0.0021	0.0108
E.TETRALIX	ANOVA	0.0067	0.0596	0.5612	0.0758	0.3178

Táboa 1: Análise da Varianza follas.

Test	LVLENGT	LVWIDT	LVPET	LVSHAPE	PETRATIO
	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Shapiro-Wilk	0.4078	0.6483	0.8005	0.9708	0.9731
Kolgomorov-Smirnov	0.4705	0.6788	0.1750	0.6944	0.7669
Barlett	0.6558	0.8705	0.1249	0.1577	0.0919
Levene	0.4539	0.8167	0.1704	0.1401	0.0922

Táboa 2: Resumen estatístico dos residuos de *E. ciliaris*, follas.

Poboacións	LVLENGT	LVWIDT	LVPET	LVSHAPE	PETRATIO
	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Peñas-Pimiango	0.0933	0.9303	0.6108	0.7894	0.9844
Bustantigo-Pimiango	0.0041	0.3111	0.5025	0.3897	0.2462
Bustantigo-Peñas	0.1347	0.4318	0.9986	0.8367	0.3743

Táboa 3: Contraste múltiple de *E. ciliaris*, follas.

Test	LVLENGT	LVWIDT	LVPET	LVSHAPE	PETRATIO
	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Shapiro-Wilk	0.0296	0.9423	0.2708	0.2481	0.5759
Kolgomorov-Smirnov	0.0327	0.9518	0.6644	0.2269	0.2542
Barlett	0.5565	0.5903	0.947	0.9653	0.1419
Levene	0.4794	0.7762	0.2645	0.9880	0.6124

Táboa 4: Resumen estatístico dos residuos de *E. mackayana*, follas.

Poboacións	LVLENGT	LVWIDT	LVPET	LVSHAPE	PETRATIO
	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Xistral-Pimiango	0.42	0.8493	0.9992	0.9999	0.9991
Bustantigo-Pimiango	0.92	0.8796	0.9356	0.9805	0.9253
Pimiango-Peñas	0.80	0.9999	0.9312	0.7891	0.5440
Espina-Pimiango	0.42	0.3601	0.5629	0.8918	0.1189
Bustantigo-Xistral	0.92	0.9999	0.6649	0.9348	0.9395
Peñas-Xistral	0.92	0.9085	0.7549	0.6742	0.4988
Espina-Xistral	0.80	0.7700	0.1555	0.7126	0.0370
Peñas-Bustantigo	0.92	0.9303	0.9998	0.3491	0.8433
Espina-Bustantigo	0.80	0.7540	0.8741	0.9911	0.2064
Espina-Peñas	0.92	0.4404	0.9791	0.1896	0.9636

Táboa 5: Contraste múltiple de *E. mackayana*, follas.

Test	LVLENGT	LVWIDT	LVPET	LVSHAPE	PETRATIO
	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Shapiro-Wilk	0.5758	0.3662	0.8989	0.5493	0.6391
Kolgomorov-Smirnov	0.2368	0.6814	0.6004	0.6947	0.8434
Barlett	0.1945	0.5765	0.0632	0.4573	0.4178
Levene	0.3181	0.8577	0.0545	0.7798	0.2469

Táboa 6: Resumen estatístico dos residuos de *E. stuartii*, follas.

Poboacións	LVLENGT	LVWIDT	LVPET	LVSHAPE	PETRATIO
Bustantigo-Espina	0.0333	0.9711	0.6638	0.0021	0.0108

Táboa 7: Contraste múltiple de *E. stuartii*, follas.

Test	LVLENGT	LVWIDT	LVPET	LVSHAPE	PETRATIO
	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Shapiro-Wilk	0.5995	0.2985	0.4131	0.059937	0.3650
Kolgomorov-Smirnov	0.3802	0.4555	0.6526	0.6883	0.7235
Barlett	0.4178	0.4178	0.4178	0.4178	0.4178
Levene	0.5187	0.4415	0.4026	0.5588	0.2990

Táboa 8: Resumen estatístico dos residuos de *E. tetralix*, follas.

Poboacións	LVLENGT	LVWIDT	LVPET	LVSHAPE	PETRATIO
	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Netherlands-Espina	0.9804	0.0630	0.5315	0.0719	0.5117
Bustantigo-Espina	0.1523	0.2060	0.6179	0.0709	0.3137
Bustantigo-Netherlands	0.0066	0.3614	0.9569	0.9982	0.6981

Táboa 9: Contraste múltiple de *E. tetralix*, follas.

- Flores:

Especie	TEST	COLENGT	COWIDT	COMOUT	EXSTYLE	COSHAPE	COOPEN
		p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
E. CILIARIS	ANOVA	0.2585	0.9362	0.9763	0.2953	0.332	0.3188
E. MACKAIANA	ANOVA	0.7134	0.7631	0.0395	0.3189	0.9207	0.0047
E. STUARTII	ANOVA	0.152	0.6688	0.7579	0.1423	0.0240	0.9915
E. TETRALIX	ANOVA	0.4082	0.1095	0.1207	0.5526	0.0530	0.1971

Táboa 10: Análise da Varianza flores.

Test	COLENGT	COWIDT	COMOUT	EXSTYLE	COSHAPE	COOPEN
	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Shapiro-Wilk	0.8388	0.2829	0.9422	0.8947	0.2143	0.9959
Kolgomorov-Smirnov	0.3027	0.4690	0.7280	0.8429	0.2313	0.9814
Barlett	0.7500	0.9736	0.4984	0.3396	0.1727	0.5155
Levene	0.8096	0.6984	0.3501	0.1435	0.3642	0.4328

Táboa 11: Resumen estatístico dos residuos de *E. ciliaris*, flores.

Poboacións	COLENGT	COWIDT	COMOUT	EXSTYLE	COSHAPE	COOPEN
	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Peñas-Pimiango	0.8605	0.9414	0.9941	0.6231	0.4798	0.3161
Bustantigo-Pimiango	0.4459	0.9997	0.9917	0.7179	0.9326	0.5225
Bustantigo-Peñas	0.2601	0.9559	0.9740	0.2714	0.3500	0.9482

Táboa 12: Contraste múltiple de *E. ciliaris*, flores.

Test	COLENGT	COWIDT	COMOUT	EXSTYLE	COSHAPE	COOPEN
	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Shapiro-Wilk	0.8411	0.4754	0.3485	0.4838	0.8671	0.9674
Kolgomorov-Smirnov	0.9682	0.5261	0.8712	0.6157	0.4604	0.8402
Barlett	0.1676	0.2695	0.1081	0.4667	0.4109	0.4899
Levene	0.0522	0.5709	0.5129	0.5268	0.3073	0.6632

Táboa 13: Resumen estatístico dos residuos de *E. mackayana*, flores.

Poboacións	COLENGT	COWIDT	COMOUT	EXSTYLE	COSHAPE	COOPEN
	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Xistral-Pimiango	0.9999	0.9657	0.0467	0.3879	0.9063	0.0026
Bustantigo-Pimiango	0.9938	0.8455	0.2129	0.9844	0.9247	0.0132
Pimiango-Peñas	0.9933	0.9999	0.0373	0.9897	0.9822	0.0102
Espina-Pimiango	0.9614	0.8548	0.2430	0.9447	0.9824	0.0115
Bustantigo-Xistral	0.9515	0.9865	0.8373	0.4236	0.9999	0.9010
Peñas-Xistral	0.9951	0.9825	0.9472	0.7231	0.9995	0.9996
Espina-Xistral	0.8133	0.9898	0.7415	0.5659	0.9894	0.8926
Peñas-Bustantigo	0.8904	0.8917	0.5747	0.9999	0.9998	0.9116
Espina-Bustantigo	0.9966	0.9999	0.9999	0.9984	0.9947	1.000
Espina-Peñas	0.7631	0.9001	0.4925	0.9998	0.9999	0.9078

Táboa 14: Contraste múltiple de *E. mackayana*, flores.

Test	COLENGT	COWIDT	COMOUT	EXSTYLE	COSHAPE	COOPEN
	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Shapiro-Wilk	0.3313	0.1932	0.6117	0.5964	0.9878	0.7161
Kolgomorov-Smirnov	0.4177	0.2102	0.6866	0.6767	0.9974	0.2447
Barlett	0.6806	0.8299	0.9135	0.5770	0.5122	0.0252
Levene	0.4369	0.8048	0.7380	0.5002	0.6615	0.1136

Táboa 15: Resumen estatístico dos residuos de *E. stuartii*, flores.

Poboacións	COLENGT	COWIDT	COMOUT	EXSTYLE	COSHAPE	COOPEN
	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Bustantigo-Espina	0.1519	0.6688	0.7579	0.1423	0.0240	0.9921

Táboa 16: Contraste múltiple de *E. stuartii*, flores.

Test	COLENGT	COWIDT	COMOUT	EXSTYLE	COSHAPE	COOPEN
	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Shapiro-Wilk	0.2722	0.1999	0.6234	0.5502	0.8976	0.0001
Kolgomorov-Smirnov	0.3065	0.2266	0.6290	0.9816	0.4981	0.0017
Barlett	0.6106	0.0177	0.0832	0.0949	0.3304	0.0215
Levene	0.9460	0.1350	0.1790	0.2049	0.5007	0.6709

Táboa 17: Resumen estatístico dos residuos de E. tetralix, flores.

Poboacións	COLENGT	COWIDT	COMOUT	EXSTYLE	COSHAPE	COOPEN
	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Netherlands-Espina	0.8657	0.31	0.8721	0.9512	0.1331	0.11
Bustantigo-Espina	0.4408	0.83	0.1888	0.6149	0.9491	0.17
Bustantigo-Netherlands	0.5659	0.31	0.1836	0.6431	0.0870	0.21

Táboa 18: Contraste múltiple de E. tetralix, flores.