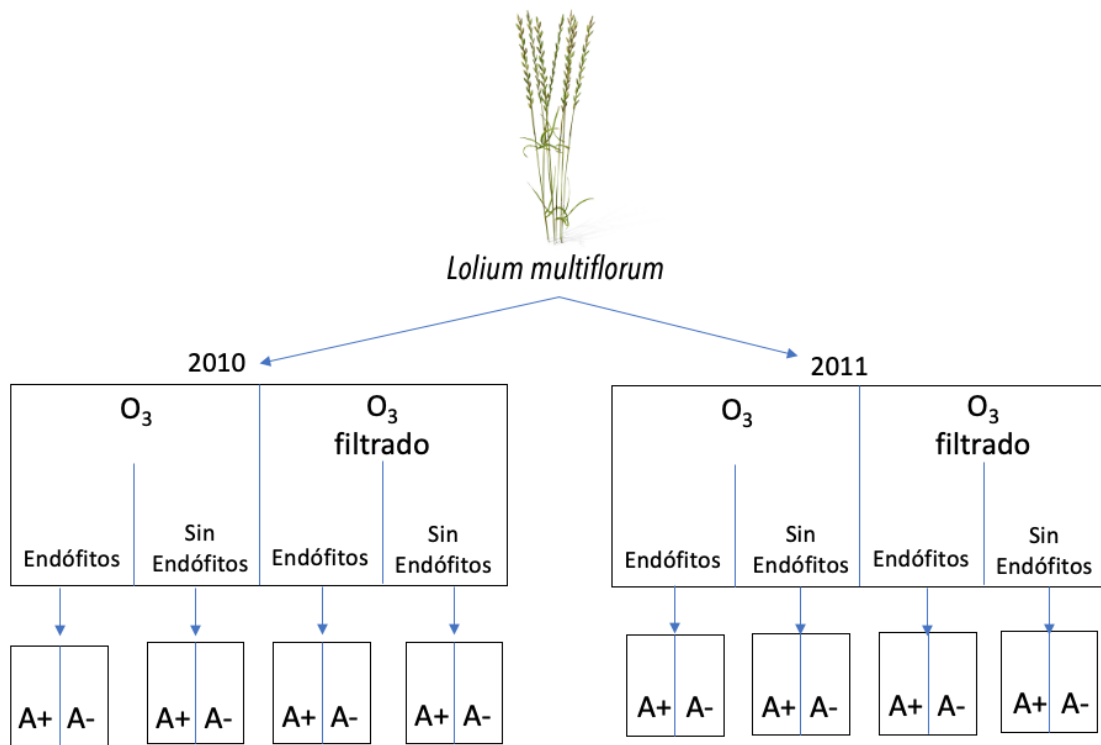


Proyecto Modelación Estadística en Ecología

Estos datos se obtuvieron a partir del estudio de Ueno *et al.* 2015 DOI:10.1111/1365-2435.12519, en el cual los autores infirieron el rendimiento de *Lolium multiflorum* a partir de la cantidad de biomasa (g por planta), bajo los efectos de la exposición a Ozono troposférico (presencia/ausencia), la interacción del hongo endófito *Epiclōe ocultans* (presencia/ausencia) y la exposición a herbívoros (presencia/ausencia de áfidos).

A partir de estos datos, queremos modelar la cantidad de biomasa de las plantas en respuesta a los distintos tratamientos.

Diseño experimental



Variables

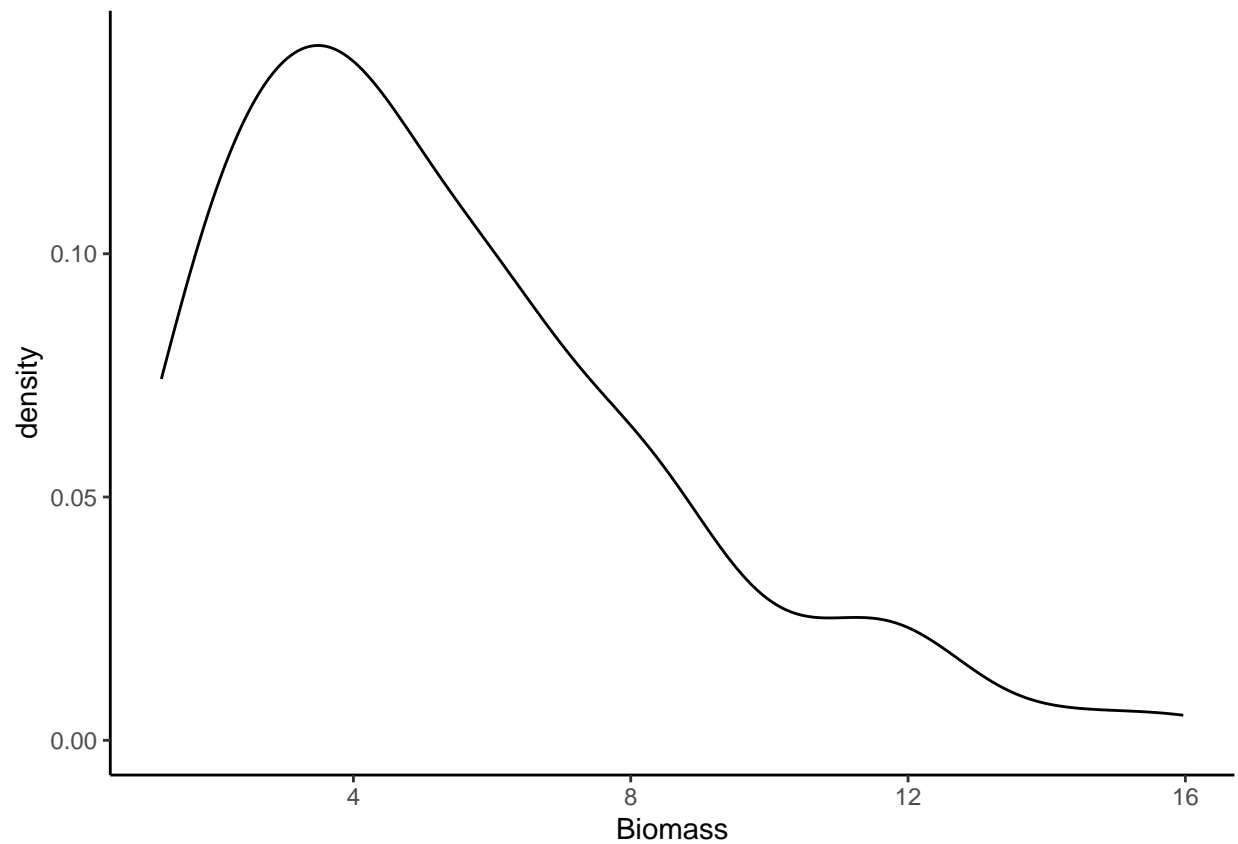
Variable	Nombre	Escala	Tipo
Respuesta	Biomasa	(g/planta)	Continua
Efecto	Año	NA	Categórica
Efecto	Ozono	(presencia/ausencia)	Categórica Binaria

Variable	Nombre	Escala	Tipo
Efecto	Endófitos	(presencia/ausencia)	Categórica Binaria
Efecto	Áfidos	(presencia/ausencia)	Categórica Binaria

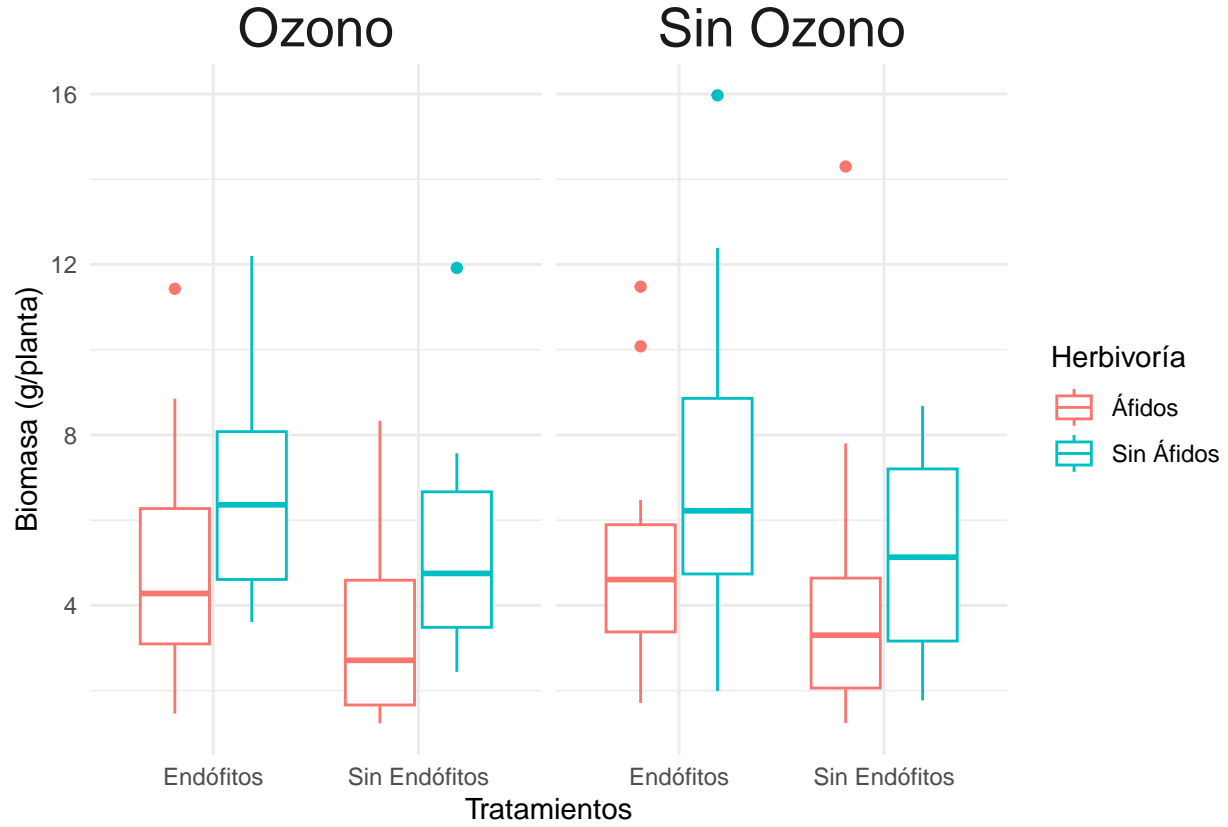
Datos

Ozono	Endófitos	Herbivoría	Individuos	Media	SD
Ozono	Endófitos	Sin Áfidos	12	6.815000	2.785807
Ozono	Endófitos	Áfidos	12	4.978333	3.021826
Ozono	Sin Endófitos	Sin Áfidos	12	5.322500	2.725423
Ozono	Sin Endófitos	Áfidos	12	3.445833	2.248674
Sin Ozono	Endófitos	Sin Áfidos	12	7.240000	3.983498
Sin Ozono	Endófitos	Áfidos	12	5.195000	2.986039
Sin Ozono	Sin Endófitos	Sin Áfidos	12	5.239167	2.514613
Sin Ozono	Sin Endófitos	Áfidos	12	4.349167	3.684013

Distribución de la variable de respuesta



Distribución de los datos por variables



Hipótesis

El desempeño de las plantas puede ser inferido a partir de su biomasa. Esta característica puede verse afectada por factores abióticos, como la exposición a distintos estrese ambientales; y bióticos como la interacción con organismos mutualistas o antagonistas. Se ha reportado que la característica mutualista de los hongos endófitos se ve afectada por el contexto ambiental pudiendo llegar a tener un comportamiento antagonista en condiciones ambientales adversas. Teniendo esto en cuenta, se plantean las siguientes hipótesis:

- El desempeño de la planta se verá afectado en condiciones ambientales adversas y en presencia de herbívoros.
- Los hongos endófitos ayudan a su planta hospedera a sobrellevar condiciones ambientales adversas, por lo que el desempeño será mayor en presencia de endófitos.
- Los hongos endófitos ayudan a su planta hospedera a sobrellevar el estrés por herbivoría.
- En condiciones ambientales adversas los hongos endófitos cambian su estatus mutualista, por lo que incrementan el efecto del daño por herbivoría y condiciones ambientales adversas.

Con estas hipótesis biológicas se puede plantear los siguientes modelos estadísticos, considerando el año en que se realizó el experimento como un efecto aleatorio.

$$y_B = \beta_0 + \beta_1 x_o + \beta_2 x_e + \beta_3 x_a \quad (\text{Eq. 1})$$

En Eq. 1 se está planteando que todas las variables de efecto tienen efecto sobre el rendimiento, expresado en producción de biomasa (B). En este caso el modelo únicamente incluye el intercepto y un conjunto de variables *dummy*. Siendo o la concentración de ozono a la cual se expusieron las plantas, valiendo 1 si la planta se expuso a concentraciones alta de ozono y 0 si únicamente se expuso al ozono ambiental. La inoculación con endófitos está representada con e , valiendo 1 si se inocularon los individuos con hongos endófitos y 0 si no. Por último, a se refiere a si los individuos se expusieron a áfidos ($a = 1$) o no ($a = 0$).

Teniendo esto en cuenta se pueden desarrollar los siguientes modelos:

$$y_B = \beta_0 + \beta_1 x_o \quad (\text{Eq. 2})$$

En Eq. 2 se plantea que la diferencia en la producción de la biomasa está dada por los cambios en la concentración de ozono. Por otro lado la hipótesis relacionada con la presencia o ausencia de asociados mutualistas, se puede expresar con el siguiente modelo

$$y_B = \beta_0 + \beta_2 x_e \quad (\text{Eq. 3})$$

Continuando con los modelos más simples, la hipótesis del efecto de la presencia de herbívoros sobre el rendimiento de la planta se representaría con el siguiente modelo

$$y_B = \beta_0 + \beta_3 x_a \quad (\text{Eq. 4})$$

El modelo planteado para la hipótesis relacionada con el cambio en la característica mutualista de los endófitos con respecto a las concentraciones de ozono es

$$y_B = \beta_0 + \beta_1 x_o + \beta_2 x_e + \beta_4 x_e x_o \quad (\text{Eq. 5})$$

en este modelo se decidió incluir la interacción entre el ozono y la presencia de endófitos. Para el efecto de los herbívoros en diferentes concentraciones de ozono sobre el desempeño de la planta se planteo

$$y_B = \beta_0 + \beta_1 x_o + \beta_3 x_a + \beta_5 x_a x_o \quad (\text{Eq. 6})$$

Por último la última hipótesis presentada relaciona las tres variables de efecto presentadas, este modelo se diferencia de Eq. 1 porque incluye las interacciones entre las variables

$$y_B = \beta_0 + \beta_1 x_o + \beta_2 x_e + \beta_3 x_a + \beta_4 x_e x_o + \beta_5 x_a x_o + \beta_6 x_a x_e + \beta_7 x_a x_e x_o \quad (\text{Eq. 7})$$