

Efecto de Enfriamiento de la sombra proyectada por la Cobertura Arbórea en Sistemas Agroforestales Cafetaleros.

Ulises Zarate

Universidad Veracruzana

zsuyzu.u@gmail.com

ABSTRACT El cambio climático está afectando la producción de café, especialmente en zonas de baja altitud donde el aumento de temperatura genera estrés térmico que impacta negativamente al desarrollo de las plantas. Los sistemas agroforestales, al integrar árboles que proporcionan sombra, representan una alternativa viable para mitigar estos efectos al reducir la temperatura del aire y suelo, conservar la humedad y, por lo tanto, proteger el cultivo. No obstante, existe poca información sobre cómo varía este efecto de enfriamiento dentro de los Sistemas Agroforestales Cafetaleros (SAFC) según la altitud, la época del año y el porcentaje de sombra. Este estudio busca generar conocimiento para optimizar el manejo de la cobertura arbórea en los SAFC fortaleciendo la resiliencia al cambio climático de la zona central de Veracruz. Se seleccionarán 20 fincas cafetaleras de un gradiente altitudinal entre 1100 y 1,600 msnm. En cada finca se delimitará una hectárea de estudio, con 10 puntos de muestreo distribuidos a 15 metros del borde y separados entre sí por al menos 30 metros. En cada punto se registrarán las variables: temperatura del aire, humedad relativa, radiación fotosintéticamente activa (PAR), dosel vegetal y porcentaje de sombra. Las mediciones se realizarán en tres épocas del año: lluviosa, seca fría y seca cálida, sumando 600 observaciones ($n=600$). Cada dato tomado será sincronizado con una lectura en un espacio sin cobertura arbórea, como testigo. Además, se utilizarán los datos de WorldClim como referencia para contexto. El análisis estadístico se llevará a cabo en XLSTAT mediante modelos lineales mixtos, regresiones múltiples, análisis descriptivo y multivariado. Los sitios con mayor porcentaje de sombra presentan temperaturas más bajas, manteniéndose dentro del rango óptimo para el café (18–22 °C), especialmente en zonas de menor altitud. También se prevé identificar un rango óptimo de sombra que maximice el efecto de enfriamiento sin afectar la producción, pudiendo llegar a dar recomendaciones prácticas como especies a utilizar y porcentaje de sombra para condiciones específicas. Los resultados permitirán establecer la relación entre cobertura arbórea, altitud y microclima. Este trabajo generará recomendaciones prácticas para productores sobre el manejo arbóreo en SAFC.

Keywords: Cobertura arbórea, Agroforestería, Multiestrato, Cafeticultura, Microclima, Prácticas Agroforestales.

This document shows a practical usage of the template. I use the Palmer penguins dataset (Horst et al., 2020) to demonstrate the features of the template. The code is available [here](#).

1 Introducción

El cambio climático es uno de los principales desafíos ambientales que enfrenta la agricultura global. En particular, el cultivo de café, altamente sensible a las variaciones de temperatura y humedad, se ve amenazado por el aumento de temperaturas, la variabilidad en las lluvias y la incidencia de eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones (Bunn, Läderach, Rivera, & Kirschke, 2014; DaMatta & Ramalho, 2006). En México, el café es fundamental para la economía rural y la seguridad alimentaria de muchas comunidades, por lo que el impacto del cambio climático sobre este cultivo podría afectar gravemente tanto a los agricultores como a la biodiversidad de las regiones cafetaleras (Gay, Estrada, Conde, Eakin, & Villers, 2006).

Según el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2021) la temperatura media global ha incrementado 1.1 °C desde el período 1850-1900. Este aumento continúa y ha acrecentado la ocurrencia de fenómenos climáticos extremos (Hao, AghaKouchak, Nakhjiri, & Farahmand, 2014), destacando temperaturas cada vez más altas, la disminución de la frecuencia de temperaturas bajas y cambios en la cantidad, intensidad y frecuencia de eventos de precipitación (Schroth, Fonseca, & Harvey, 2010) (Aguilar et al., 2005; Omondi, Ogallo, Anyah, Muthama, & Ininda, 2012; Supari et al., 2020). Las proyecciones climáticas indican un aumento significativo de la temperatura global, lo cual afectará en particular a las zonas cafetaleras de baja altitud (Gay et al., 2006; Lara-Estrada, Rasche, & Schneider, 2023; Pham, Reardon-Smith, Mushtaq, & Cockfield, 2019; Rokhmah, Supriadi, & Heryana, 2023; Götz Schroth, Läderach, Blackburn Cuero, Neilson, & Bunn, 2015), poniendo en riesgo la sostenibilidad de este cultivo.

Los sistemas agroforestales cafetaleros (SAFC) representan una alternativa potencial de adaptación ante los efectos del cambio climático (Gomes et al., 2020; S Jose, Gillespie, & Pallardy, 2004; Muschler, 2001). Sin embargo, la efectividad de estos sistemas puede depender de varios factores geográficos y medioambientales (Parada-Molina, Barradas-Miranda, Ortiz, Cervantes-Pérez, & Cerdán, 2022).

1.1 Marco teórico-conceptual

(El cambio climático es un fenómeno global que afecta a los ecosistemas y las actividades humanas, incluyendo la agricultura. A nivel mundial, la temperatura media ha aumentado aproximadamente 1.1 °C desde la era preindustrial, debido principalmente a las actividades humanas como la quema de combustibles fósiles y la deforestación (Friedlingstein et al., 2020; Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2021). Este incremento en las temperaturas está intensificando eventos climáticos extremos como sequías, lluvias torrenciales y olas de calor, que afectan la disponibili-

dad de agua, la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos (Lobell et al., 2008; Wheeler & von Braun, 2013).

En el sector agrícola, el cambio climático no solo reduce el rendimiento de los cultivos, sino que también altera los patrones de distribución y desarrollo de plagas y enfermedades. Esto es particularmente problemático en los países en desarrollo, donde la agricultura representa una parte importante de la economía y una fuente principal de alimentos y empleo (Altieri & Nicholls, 2013). Los escenarios de cambio climático indican que, sin estrategias de adaptación efectivas, las pérdidas en la producción agrícola podrían incrementarse en las próximas décadas, afectando tanto la seguridad alimentaria como el bienestar socioeconómico (IPCC, 2021).

1.1.1 Subsubsection as Heading Level 3

I don't use and don't recommend using heading levels 3 and below but it works.

1.2 Citation

You can cite a reference like this (Katsushika, 1831) or Horst, Hill, & Gorman (2020). Typst has some built-in citation styles. Check the [Typst documentation](#) for more information.

2 Figures and Tables

2.1 Figures

As Figure 1 shows, the caption is displayed below the figure. As a caption of the figure (`fig-cap`), I use bold text for the title and use a normal text for the description. (Tal, 2012)

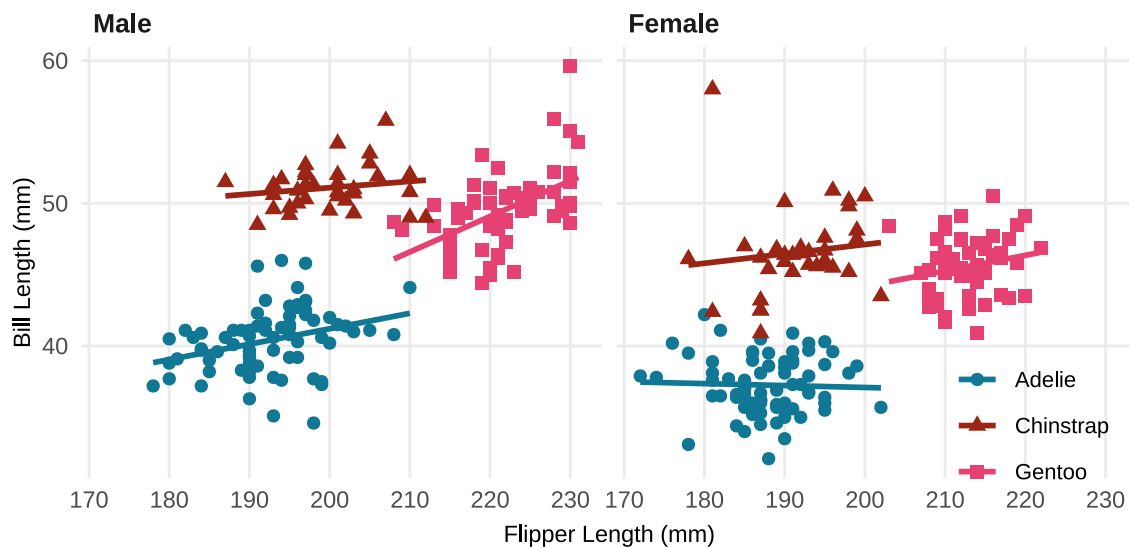


Figure 1: Flipper Length and Bill Length of Penguins. The x-axis shows the flipper length, and the y-axis shows the bill length.

When I want to show multiple figures side by side, I use the patchwork package. The reason why I don't use the `layout-col` option is that the caption is also split into two parts.

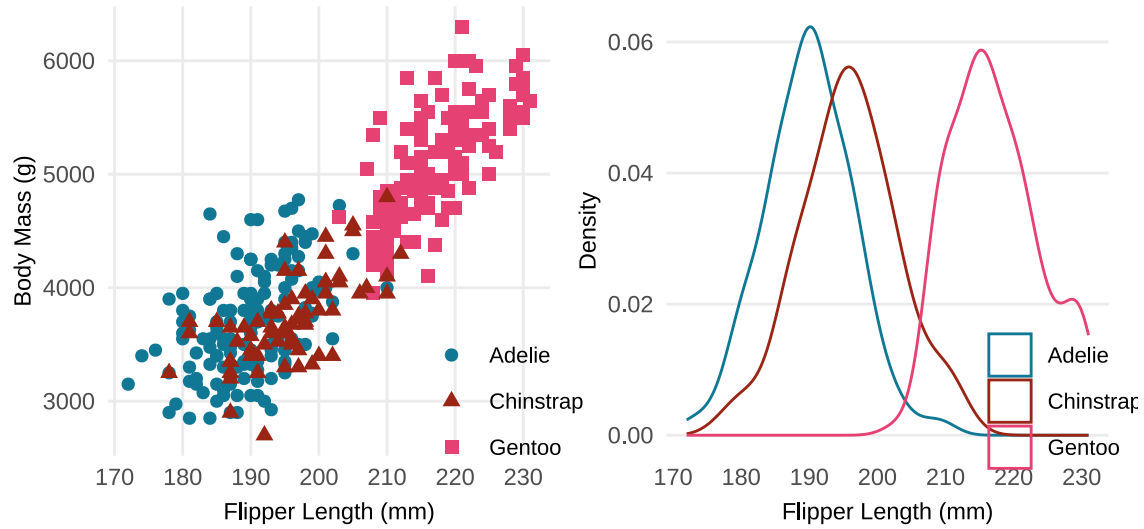


Figure 2: Characteristics of Penguins. The left panel shows the relationship between flipper length and body mass. The right panel shows the density of flipper length.

2.2 Tables

You can use `tinytable` for general tables and `modelsummary` for regression tables. As Table 1 shows, the caption is displayed above the table. The notes of the table can be added using the `notes` argument of the `tinytable::tt()` function.

Table 1: Summary Statistics of Penguins

| | Male | | | | Female | | | |
|------------|------------------|-----------------|---------------------|---------------|------------------|-----------------|---------------------|---------------|
| | Bill Length (mm) | Bill Depth (mm) | Flipper Length (mm) | Body Mass (g) | Bill Length (mm) | Bill Depth (mm) | Flipper Length (mm) | Body Mass (g) |
| Adelie | 40.39 | 19.07 | 192.4 | 4043 | 37.26 | 17.62 | 187.8 | 3369 |
| Gentoo | 49.47 | 15.72 | 221.5 | 5485 | 45.56 | 14.24 | 212.7 | 4680 |
| Chin-strap | 51.09 | 19.25 | 199.9 | 3939 | 46.57 | 17.59 | 191.7 | 3527 |

Notes: Data from Palmer penguins dataset.

Since the default backend of `modelsummary` is `tinytable`, you can use the customization options of `tinytable` for `modelsummary`. In Table 2, I use `tinytable::group_tt()` function to group the regression results by the dependent variables

Table 2: Regression Results of Penguins

| | Bill Length (mm) | | | Body Mass (g) | | |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| Chinstrap | 10.042** (0.432) | 10.010** (0.341) | 10.037** (0.340) | 32.426 (67.512) | 26.924 (46.483) | 27.229 (46.587) |
| Gentoo | 8.713** (0.360) | 8.698** (0.287) | 8.693** (0.286) | 1375.354** (56.148) | 1377.858** (39.104) | 1377.813** (39.163) |
| Male | | 3.694** (0.255) | 3.694** (0.254) | | 667.555** (34.704) | 667.560** (34.755) |
| Year | | | 0.324* (0.156) | | | 3.629 (21.428) |
| Observations | 342 | 333 | 333 | 342 | 333 | 333 |

+ $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Notes: Data from Palmer penguins dataset.

While `tinytable` generates compatible tables between LaTeX and Typst, it does not support LaTeX math expressions for Typst tables. I think the compatibility between LaTeX and Typst is crucial for academic writing because it guarantees that the document can be easily converted to LaTeX for submission to journals.

A workaround is to use [MiTeX](#), a Typst package that allows you to use LaTeX math expressions in Typst. I write a custom theme for `tinytable` to convert LaTeX math expressions to MiTeX expressions. The following table includes LaTeX math expressions but will be converted to MiTeX expressions in the Typst output.

Table 3: Math Symbols

| Math |
|--------------------|
| α |
| a_{it} |
| $e^{i\pi} + 1 = 0$ |

3 Last words

I made this template for my working papers, so it may not be suitable for other fields than economics. I am happy to receive feedback and suggestions for improvement.

Appendix

A Supplemental Figures

The section numbering will be changed to “A.1.1” in the appendix. The second section in the appendix will be “B”. On the other hand, the figure numbering will be reset to “A.1”, “A.2” so that it is clear that these figures are part of the appendix. The “A” stands for the “Appendix”, not the section numbering.



Figure A.1: The Great Wave off Kanagawa. A woodblock print by Katsushika (1831).

References

- Horst, A. M., Hill, A. P., & Gorman, K. B. (2020). *palmerpenguins: Palmer Archipelago (Antarctica) penguin data*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3960218>
- Katsushika, H. (1831). *The Great Wave off Kanagawa*. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a5/Tsunami_by_hokusai_19th_century.jpg
- Tal, F. D. (2012). 3. *Slicing Things Like Pizzas And Watmelons* (pp. 23–33). Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400843039.23>