



UPEP
Unidad de Posgrados y Educación Permanente



Modelos de Evidencia de Ausencia:

¿Es útil combinar información de múltiples sitios para estimar la tasa de mortalidad de murciélagos en parques eólicos?

**Seminario del IESTA (SIESTA)
22 de Octubre de 2024**

Lic. en Est. (Mag.) Natalia Berberian
Estudiante de Doctorado en Ciencias Agrarias

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

HIPÓTESIS Y
OBJETIVOS

MATERIALES Y
MÉTODOS

RESULTADOS

CONCLUSIÓN

Esquema de presentación:



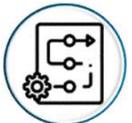
Introducción: Fundamentación General



Antecedentes: Revisión Bibliográfica y motivación del trabajo



Hipótesis y Objetivos



Materiales y Métodos



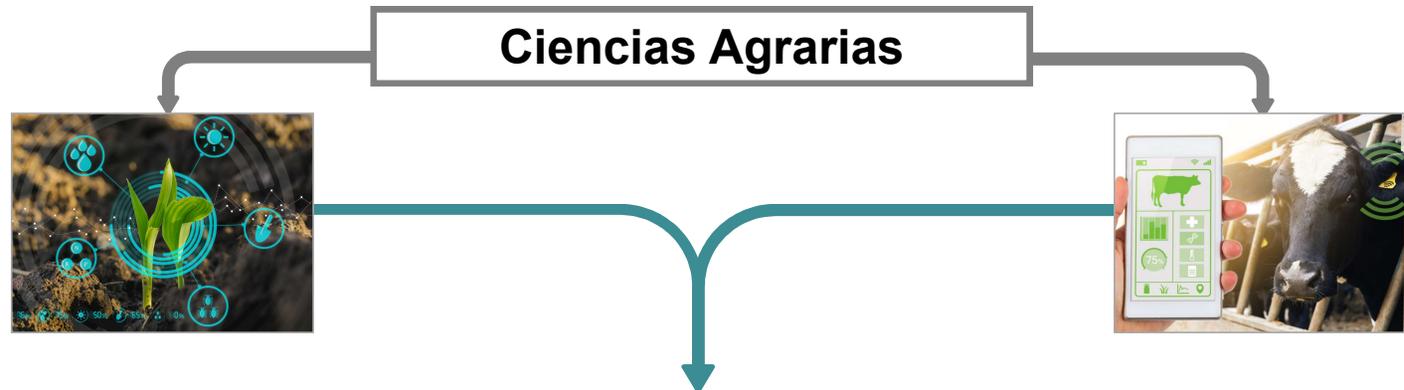
Resultados



Conclusión



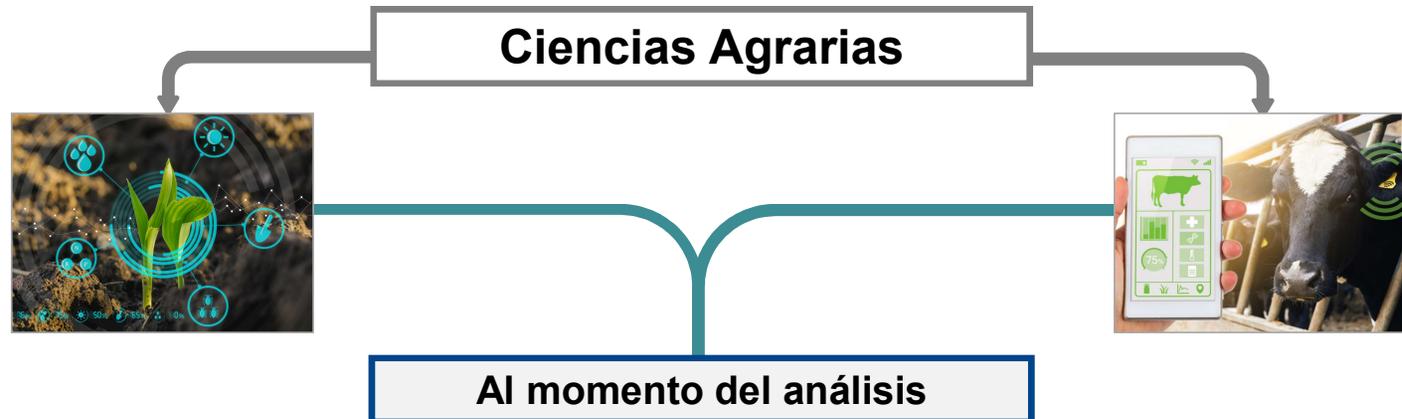
Fundamentación general:



- Disciplinas que estudian la producción, manejo y conservación de los recursos naturales con el objetivo de mejorar la agricultura y la ganadería.
- Trabajan sobre la materia prima que genera los alimentos y sobre ésta se aplican conocimientos científicos, tecnológicos y de investigación.
- Se enfocan en la maximizar la productividad agrícola pero también en la sostenibilidad ambiental y el bienestar socioeconómico de las comunidades rurales.



Fundamentación general:



Un gran número de variables se asumen con **Distribución Normal**:

e.g. → Rendimiento, Altura de planta, Concentración de nutrientes, Peso de frutos
 → Producción de leche, Kilos de carne producida, Peso de animales

En general las variables de conteo se asumen con **Distribución Poisson o Binomial Negativa**:

e.g. → N° de: Frutos por árbol, Mazorcas por planta, Semillas por espiga, Manchas por fruto
 → N° de: Vacas con parásitos, Ovejas con pietín, Cerdos con garrapatas en un establecimiento



Fundamentación general: Enfoque Estadístico

MODELO LINEAL GENERAL MIXTO:

- * Univariado / Multivariado
- * Medidas repetidas espacio/tiempo, heterogeneidad de varianzas, términos aleatorios

Un gran número de variables se asumen con **Distribución Normal**:

e.g. → Rendimiento, Altura de planta, Concentración de nutrientes, Peso de frutos
→ Producción de leche, Kilos de carne producida, Peso de animales

En general las variables de conteo se asumen con **Distribución Poisson o Binomial Negativa**:

e.g. → Número de frutos por planta, Número de plantas con frutos, Número de plantas con flores
→ **MODELO LINEAL GENERALIZADO MIXTO (si pertenece a la familia exponencial):**

- * Univariado / Multivariado
- * Medidas repetidas espacio/tiempo, heterogeneidad de varianzas, términos aleatorios



Fundamentación general: Enfoque Estadístico

En general las variables de conteo se asumen con **Distribución Poisson o Binomial Negativa**:

e.g. → N° de: Frutos por árbol, Mazorcas por planta, Semillas por espiga, Manchas por fruto

→ N° de: Vacas con parásitos, Ovejas con pietín, Cerdos con garrapatas en un establecimiento

(?) ¿Si el objetivo fuera estimar el tamaño poblacional?

MODELO LINEAL GENERALIZADO MIXTO (si pertenece a la familia exponencial):

* Univariado / Multivariado

* Medidas repetidas espacio/tiempo, heterogeneidad de varianzas, términos aleatorios



Fundamentación general: Enfoque Estadístico

Algunas situaciones de Uruguay en las que los conteos podrían ser escasos, o incluso nulos:



→ N° de plantas de trigo con estado temprano del hongo 'Roya estriada'
(*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*)



→ N° de animales envenenados por el consumo del 'hongo del eucaliptus'
(*Ramaria flavo brunnescens*)



→ N° de semillas de la especie invasora 'Ligustro' en una muestra de suelo
(*Ligustrum lucidum*)

Fundamentación general: Enfoque Estadístico/Ecológico

Caso de estudio seleccionado:

Nº de murciélagos que mueren por colisión o barotrauma, en zonas con instalaciones de parques eólicos



- Fuente de energía renovable e inagotable
- No contaminante
- Reduce el uso de combustibles fósiles
- Contribuye al desarrollo sostenible

- Clima dependiente
- Ruidos molestos
- Grandes extensiones de tierras



Fundamentación general: Enfoque Estadístico/Ecológico



¿Si el objetivo fuera estimar el tamaño poblacional?

¿Si el número de conteos fuera escaso, o incluso nulo?



¿Cuántos murciélagos mueren por colisión o barotrauma en zonas con parques eólicos?

¿Dónde?

¿Cuándo?

¿Cómo?

Técnicas útiles para cualquier situación donde se quiera estimar el tamaño poblacional:

- Las poblaciones son abiertas (los individuos pueden salir)
- Las poblaciones son muy pequeñas
- La probabilidad de detectar los individuos es baja (incluso cero)



Revisión bibliográfica: Estimación de Fatalidades en parques eólicos



Monitoreos de fatalidades: Equipo de búsqueda (humano y/o canino) para encontrar evidencia dentro de un radio en torno a la base de las turbinas

Gran variabilidad debido a tres fuentes principales:

- Registro parcial del área
- Remoción de evidencia (animales carroñeros)
- No identificación por parte del equipo de búsqueda

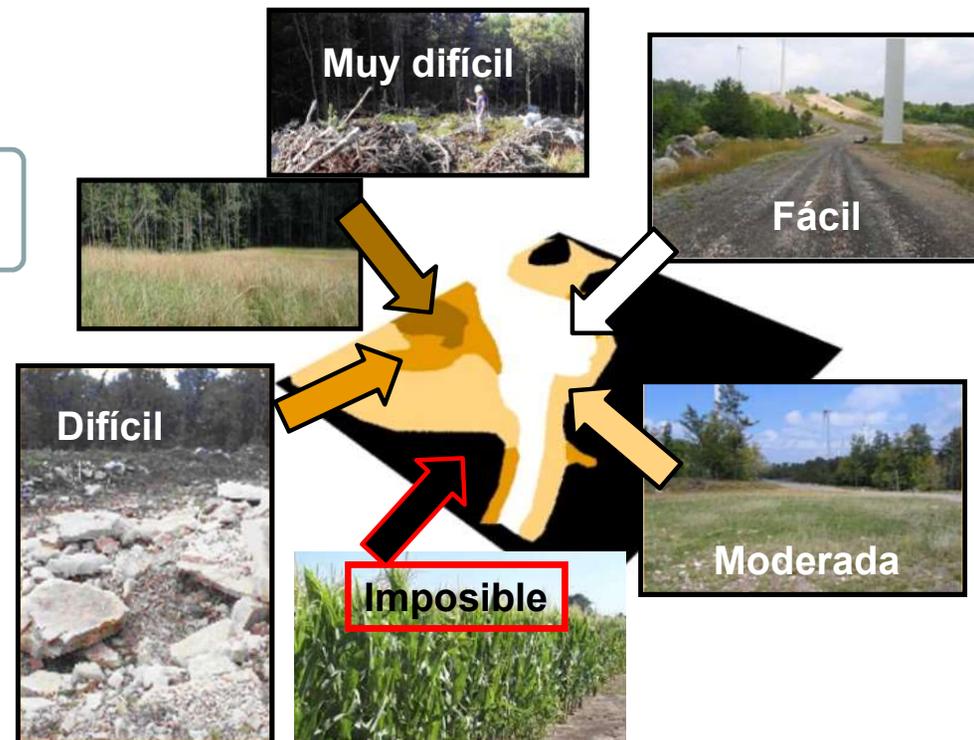
Hoary Bat



Little Brown Bat



Indiana Bat





Revisión bibliográfica: Estimación de Fatalidades en parques eólicos



Monitoreos de fatalidades: Equipo de búsqueda (humano y/o canino) para encontrar evidencia dentro de un radio en torno a la base de las turbinas

Gran variabilidad debido a tres fuentes principales:

- Registro parcial del área
- Remoción de evidencia (animales carroñeros)
- No identificación por parte del equipo de búsqueda

Otros factores a considerar:

- Radio de búsqueda
- Selección de turbinas para la muestra
- Covariables: especie, período del año

$$\underbrace{CaP_{ij} SE_{ij} SAA_{ij}}_{g_{ij}} M_{ij} \cong C_{ij}$$

En sitio i , momento de búsqueda j :

M : N° de fatalidades (ocurrencias)

C : N° de animales hallados (evidencia)

g : probabilidad
de detección

SAA_{ij} : Search Area Adjustment
 SE_{ij} : Searcher Efficiency.
 CaP_{ij} : Carcass Persistence



Revisión bibliográfica: Estimación de Fatalidades en parques eólicos

Métodos más utilizados hasta el momento derivan de:

$$\text{Horvitz-Thompson (1952): } \hat{M} = \sum_i \frac{C_i}{g_i} = \frac{C}{g}$$

C : N° total de carcassas halladas
 g : Prob. de detectar una carcassa

* Manuela M. P. Huso (2010):

$$\hat{M} = \frac{C}{p \left[\frac{\bar{t}(1 - e^{-i/\bar{t}})}{\min(i, \tilde{i})} \right] \min\left(1, \frac{\tilde{i}}{i}\right) \pi}$$

SE_{ij}

CaP_{ij}

SAA_{ij}

p : Prob. media de detección de un animal

\bar{t} : Tiempo medio de remoción de animales

i : Intervalo de tiempo entre búsquedas

\tilde{i} : Período de tiempo más allá del cual la prob. de que un animal persista en el suelo es $\leq 1\%$ (i.e. $P[T > \tilde{i}] \leq 0.01$)

π : Prob. de inclusión de una turbina en el estudio



Revisión bibliográfica: Estimación de Fatalidades en parques eólicos

Reseña de métodos más utilizados hasta el momento:

* **Huso *et al.* en 2015:** Introduce la probabilidad de detección en un modelo N-mezcla Binomial:

EoA: Evidence of Absence



Revisión bibliográfica: Estimación de Fatalidades en parques eólicos

Reseña de métodos más utilizados hasta el momento:

- * **McDonald *et al.* en 2021:** Estimador EoA con nivel adicional de jerarquía (estimar relaciones entre covariables):

EoAR: Evidence of Absence Regression

$$\beta_k \sim N(\mu_k, \sigma_k)$$

$$\log(\lambda_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip}$$

$$g_i \sim \text{Beta}(\alpha_i, \varphi_i)$$

$$M_i \sim \text{Poisson}(\lambda_i)$$

$$C_i \sim \text{Binomial}(M_i, g_i)$$

Siendo para el i -ésimo sitio de búsqueda:

C_i : N° total de animales identificados

M_i : N° total de fatalidades

g_i : Probabilidad de detectar un animal

x_{ij} : Covariable j ($j = 1, 2, \dots, p$)

α_i : Parámetro de locación

φ_i : Parámetro de escala

λ_i : Tasa de fatalidades



Motivación del trabajo:

Considerando:

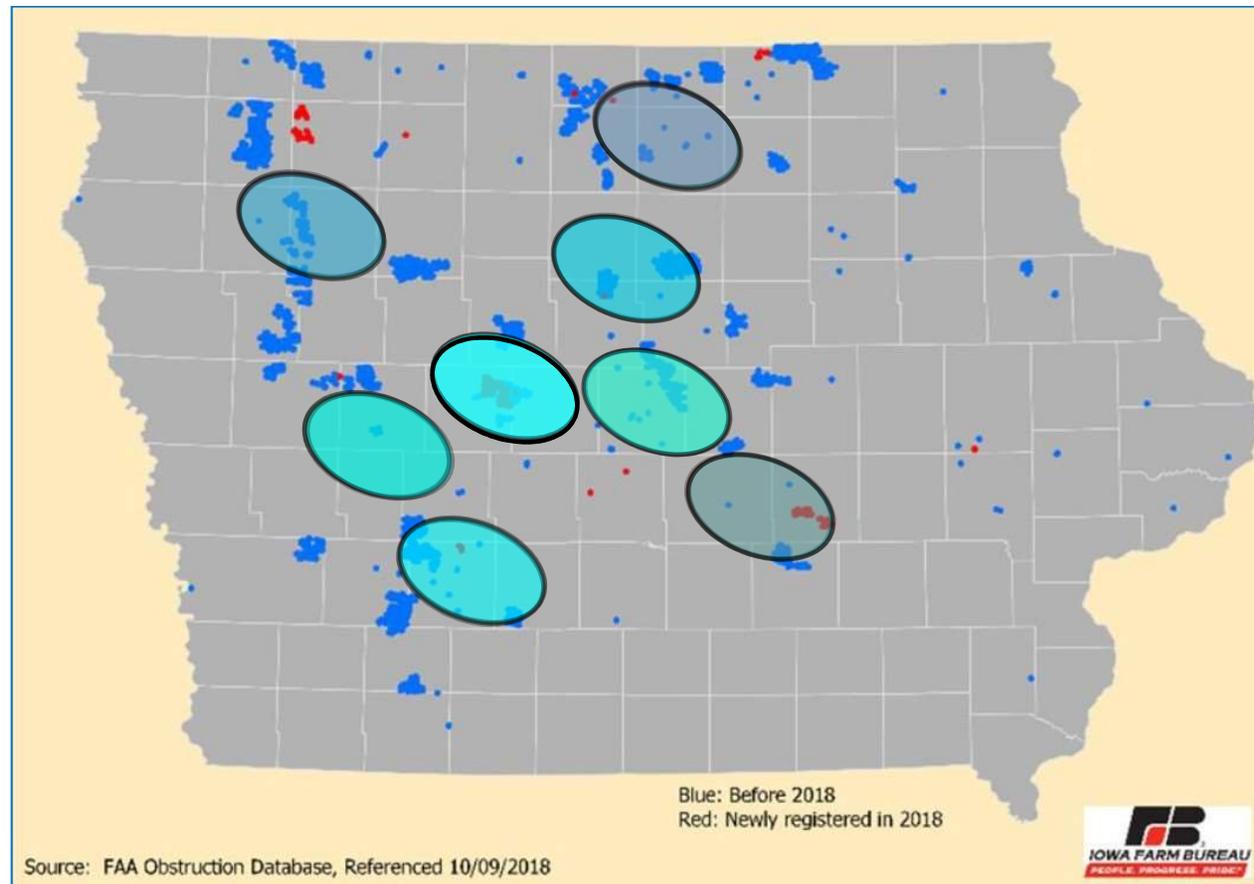
- Un análisis sitio-específico (no-pooling), con diferentes valores de parámetros para cada sitio (Huso *et al.*, 2015)
- Una combinación de todos los sitios (complete pooling), con iguales valores de parámetros para todos (McDonald *et al.*, 2021)
- Los modelos de N-mezcla en que se basan ambos estimadores permiten la inclusión de términos aleatorios.

Propuesta:

Es posible ampliar EoAR agrupando la información de varios sitios de manera parcial (partial pooling), con el objetivo de obtener estimaciones más precisas del número total de fatalidades en todos los sitios evaluados.



Motivación del trabajo:





Hipótesis y Objetivo:

Hipótesis: Combinar la información de varios sitios, incluyendo variabilidad en la probabilidad de detectar carcacas (SE y CaP), proporciona predicciones más precisas de la mortalidad de murciélagos en años futuros.

Objetivo: Comparar la eficiencia, la precisión y el sesgo de las estimaciones del número de fatalidades, obtenidas a partir de los modelos Complete Pooling (CP), No Pooling (NP) y Partial Pooling (PP).



Materiales y Métodos:

Searcher Efficiency?

Métrica que evalúa qué tan bien los equipos detectan la evidencia en el campo.

- **Searcher Efficiency Trials:**

Se colocan animales en el área de estudio de forma controlada y los buscadores no saben de antemano dónde se colocaron. Estos animales suelen provenir de especies similares a las que se espera encontrar en el estudio.

- **Registro de detecciones:**

Los buscadores realizan las búsquedas bajo las mismas condiciones que durante el monitoreo normal, y se registra cuántos de los animales colocados fueron encontrados.

- **Cálculo de la eficiencia de búsqueda:**

$$\text{Eficiencia de búsqueda} = \frac{N^{\circ} \text{ de animales encontrados}}{N^{\circ} \text{ de animales colocados}}$$



Materiales y Métodos:

Carcass Persistence?

Evalúa cuánto tiempo la evidencia permanece en el área de estudio antes de ser removida por carroñeros, el clima o cualquier otro factor.

- **Colocación de evidencia:**

Ubicaciones controladas, en zonas similares a las donde se están realizando los estudios de monitoreo. La cantidad y ubicación de la evidencia colocada suele ser aleatoria para reflejar las condiciones reales del terreno.

- **Monitoreo periódico:**

Visitas regulares (diarias o en intervalos más largos) para observar si aún está presente.

Se registra la fecha en que la evidencia ya no es visible, indicando si fue removida o desapareció.

- * **Cálculo de la tasa de persistencia:**

Se calcula cuánto tiempo permaneció visible la evidencia (en días).



Materiales y Métodos:

Simulación de datos bajo tres escenarios (en función de la heterogeneidad entre sitios)

Alta: Diferentes valores por sitio de SE (Searcher Efficiency) y CaP (Carcass Persistence)

Baja: Iguales valores para los todos los sitios de SE y CaP

Intermedia: Combinando de forma parcial los sitios, generando variabilidad en SE y CaP

Modelos de análisis evaluado (en función de cómo combina la información de sitios)

Complete Pooling: Combina la información de todos los sitios

No Pooling: Ajuste sitio-específico

Partial Pooling: Con efectos aleatorios que combina parcialmente la información de los sitios



Materiales y Métodos:

Escenarios y Modelos:

		Grado de Heterogeneidad simulado		
		Alto	Bajo	Intermedio
Modelo	CP	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
	NP			
	PP			

20 sitios
2 mediciones por sitio
1000 simulaciones

Comparación de Modelos:

Eficiencia: RMSE de \hat{M}

Precisión: Amplitud de los intervalos de credibilidad de \hat{M}
Porcentaje de cobertura (evaluación en el límite superior del IC)

Sesgo: Evaluación de los intervalos de confianza del sesgo de \hat{M}



Materiales y Métodos: Proceso generador de datos en los distintos escenarios:

$$C_i \sim \text{Binomial}(M_i, g_i)$$

$$M_i \sim \text{Poisson}(\lambda_i)$$

$$\log(\lambda_i) = \mu_{\log(\lambda_i)} + v_i$$

$$v_i \sim N(0, \sigma_{\log(\lambda_i)}^2)$$

Escenario 1 (alta) = 0.3

Escenario 2 (baja) = 0.3

Escenario 3 (media): 0.3



Materiales y Métodos: Proceso generador de datos en los distintos escenarios:

$$C_i \sim \text{Binomial}(M_i, g_i)$$

$$g_i = SAA_i SE_i CaP_i$$

SAA_i se asume constante en todos los escenarios

$$SE_i \sim \text{Beta}(\mu_{SE} \phi_{SE}, \mu_{SE} (1 - \phi_{SE}))$$

$$E(SE_i) = \mu_{SE} \quad V(SE_i) = \frac{\mu_{SE} (1 - \mu_{SE})}{\phi_{SE}}$$

$$X_i \sim \text{Binomial}(n_{SE}, SE_i)$$

Escenario 1 (alta) = 1

Escenario 2 (baja) = 10000

Escenario 3 (media): 10



Materiales y Métodos: Proceso generador de datos en los distintos escenarios:

$$C_i \sim \text{Binomial}(M_i, g_i)$$

$$g_i = SAA_i SE_i CaP_i$$

$$CaP_i = \frac{\theta_i \left(1 - e^{-\frac{d_i}{\theta_i}}\right)}{d_i}$$

$$\theta_i \sim \text{Gamma}(\mu_{CaP}^2 / \sigma_{CaP}^2, \mu_{CaP} / \sigma_{CaP}^2)$$

$$E(\theta_i) = \mu_{CaP} \quad V(\theta_i) = \sigma_{CaP}^2$$

$$T_{ij} \sim \text{Exponencial}(\theta_i) \quad j = 1, \dots, n_{CaP}$$

Escenario 1 (alta) = 3

Escenario 2 (baja) = 0

Escenario 3 (media): 0.5



Materiales y Métodos: Modelo de N-mezcla

$$P(C_i = x) = \sum_{m=0}^{\infty} P(C_i = x | M_i = m) P(M_i = m)$$



Materiales y Métodos: Modelo de N-mezcla

$$P(C_i = x) = \sum_{m=0}^{\infty} P(C_i = x | M_i = m) P(M_i = m)$$

Binomial(M_i, g_i) *Poisson*(λ_i)



Materiales y Métodos: Modelo de N-mezcla

$$P(C_i = x) = \sum_{m=0}^{\infty} P(C_i = x | M_i = m) P(M_i = m)$$

Modelo de N-mezcla “*Complete Pooling*”

$$C_i \sim \text{Binomial}(M_i, g_i)$$

$$g = \text{SAA SE CaP}$$

$$X_i \sim \text{Binomial}(n_{SE}, SE)$$

$$T_i \sim \text{Exponencial}(\theta)$$

$$\text{CaP} = \frac{\theta(1 - e^{-\frac{d_i}{\theta}})}{d_i}$$



Materiales y Métodos: Modelo de N-mezcla

$$P(C_i = x) = \sum_{m=0}^{\infty} P(C_i = x | M_i = m) P(M_i = m)$$

Modelo de N-mezcla “No Pooling”

$$C_i \sim \text{Binomial}(M_i, g_i)$$

$$g_i = SAA_i SE_i CaP_i$$

$$X_i \sim \text{Binomial}(n_{SE}, SE_i)$$

$$T_i \sim \text{Exponencial}(\theta_i)$$

$$CaP_i = \frac{\theta_i \left(1 - e^{-\frac{d_i}{\theta_i}}\right)}{d_i}$$



Materiales y Métodos: Modelo de N-mezcla

$$P(C_i = x) = \sum_{m=0}^{\infty} P(C_i = x | M_i = m) P(M_i = m)$$

Modelo de N-mezcla “No Pooling”

$$C_i \sim \text{Binomial}(M_i, g_i)$$

$$g_i = SAA_i SE_i CaP_i$$

$$X_i \sim \text{Binomial}(n_{SE}, SE_i) \quad T_i \sim \text{Exponencial}(\theta_i)$$

$$CaP_i = \frac{\theta_i \left(1 - e^{-\frac{d_i}{\theta_i}}\right)}{d_i}$$

$$SE_i \sim \text{Beta}(\mu_{SE} \phi_{SE}, \mu_{SE} (1 - \phi_{SE}))$$

$$\theta_i \sim \text{Gamma}(\mu_{CaP}^2 / \sigma_{CaP}^2, \mu_{CaP} / \sigma_{CaP}^2)$$



Materiales y Métodos: Inferencia bayesiana

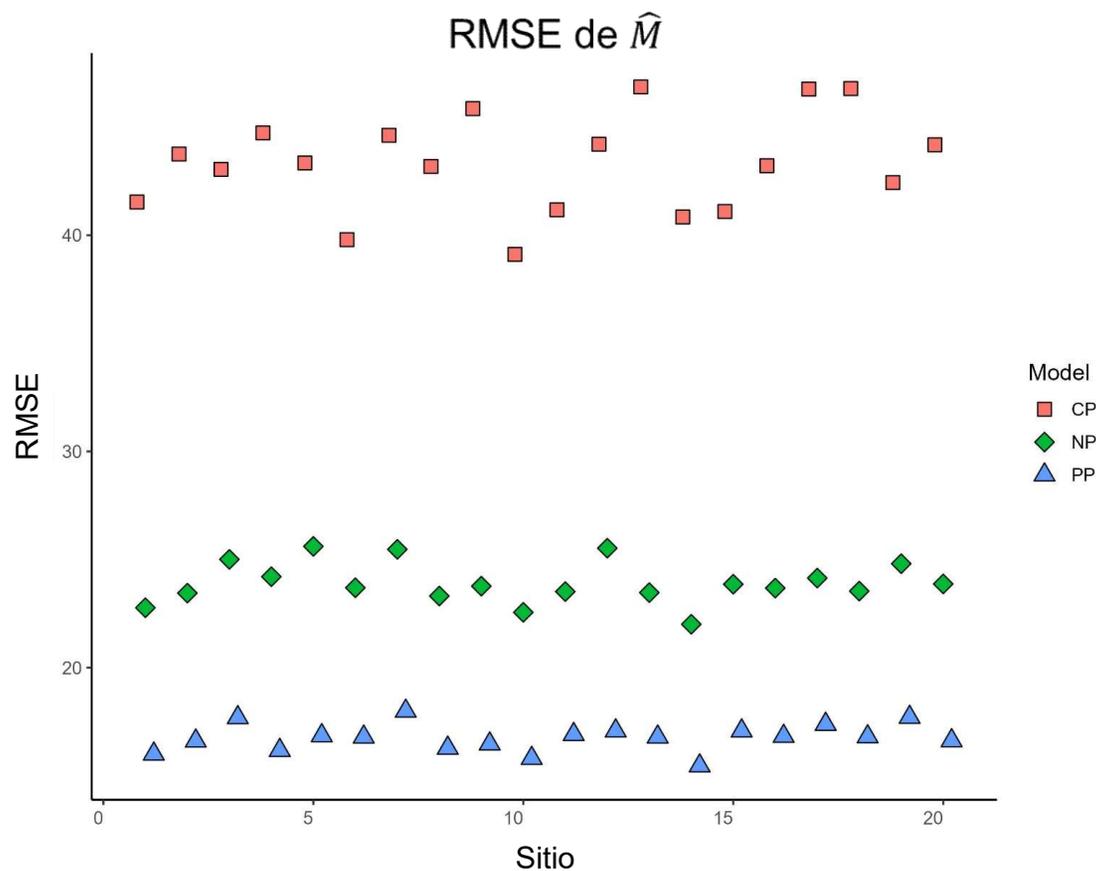
- Los modelos se ajustaron mediante MCMC (*rjags*)
- Se “corrieron” 4 cadenas durante 20.000 iteraciones
- Se seleccionaron “priors” no informativas para los parámetros de cada modelo
- Se monitoreó convergencia mediante:

Gráficos de *traceplots*

Estadísticos de Gelman-Rubin (en todos los casos se obtuvo valores < 1.06)

- Se obtuvieron estimadores empleando la mediana y los cuantiles a posteriori

Resultados: Escenario 1: Heterogeneidad alta entre sitios



Amplitud del IC (90%) para \hat{M}

CP	NP	PP
80.45	66.39	55.98

Porcentaje de cobertura del IC para \hat{M}

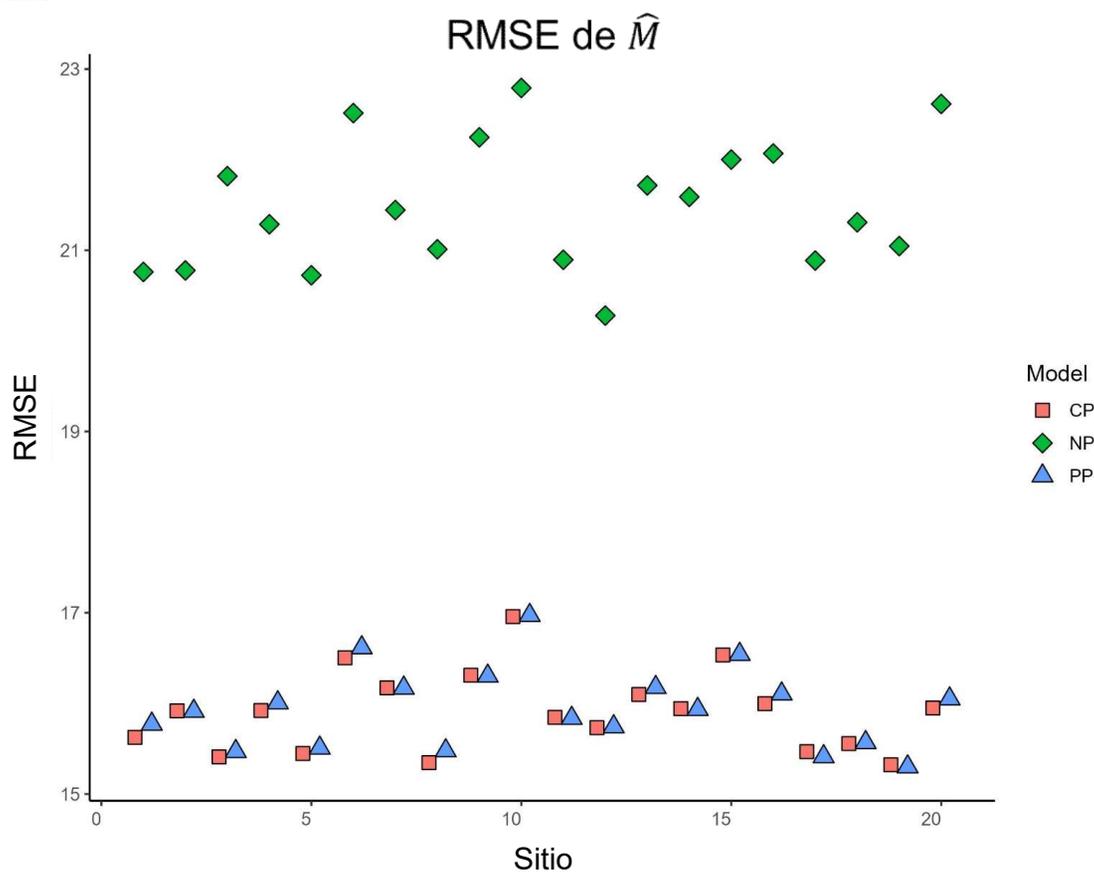
CP	NP	PP
85.44%	95.81%	93.02%

Sesgo de \hat{M}

CP	NP	PP
[-46 ; 46]	[-58 ; 112]	[-38 ; 27]



Resultados: Escenario 2: Heterogeneidad baja entre sitios



Amplitud del IC (90%) para \hat{M}

CP	NP	PP
45.86	54.76	46.03

Porcentaje de cobertura del IC para \hat{M}

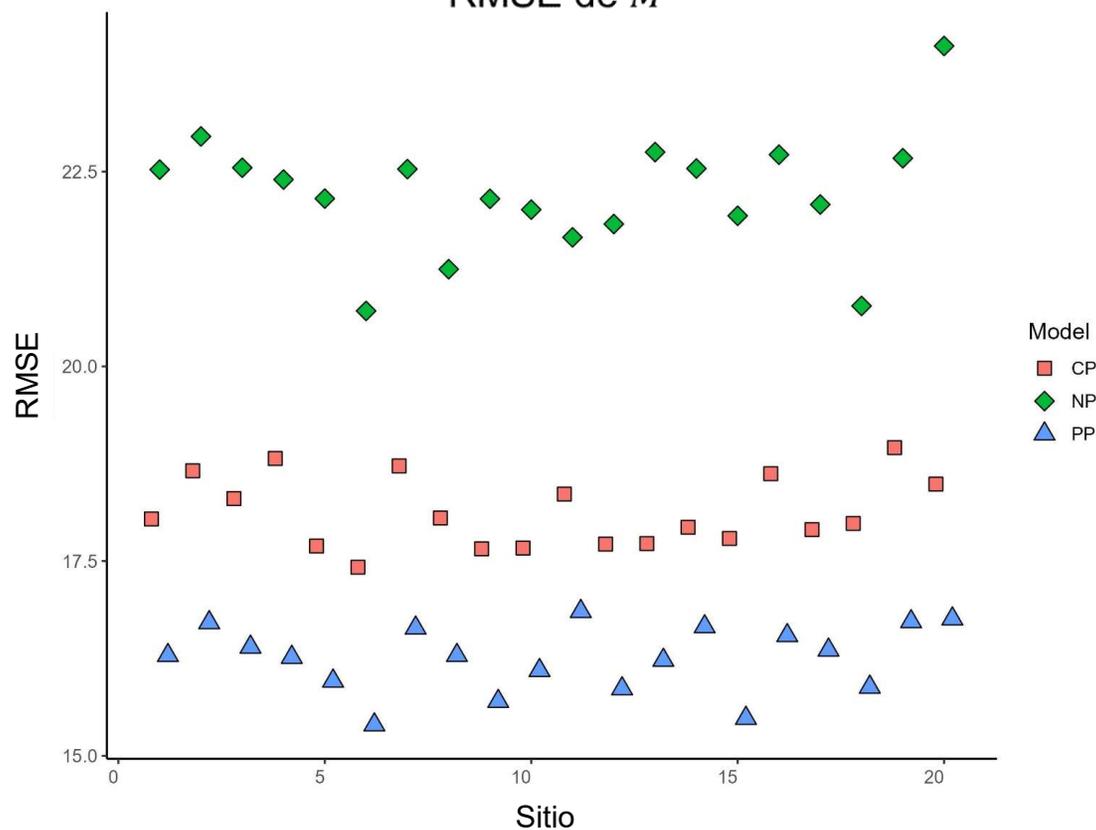
CP	NP	PP
92.74%	94.64%	92.69%

Sesgo de \hat{M}

CP	NP	PP
[-41 ; 44]	[-36 ; 26]	[-36 ; 26]



Resultados: Escenario 3: Heterogeneidad intermedia entre sitios

RMSE de \hat{M} Amplitud del IC (90%) para \hat{M}

CP	NP	PP
53.45	74.89	47.46

Porcentaje de cobertura del IC para \hat{M}

CP	NP	PP
93.18%	94.67%	92.71%

Sesgo de \hat{M}

CP	NP	PP
[-37 ; 33]	[-42 ; 46]	[-36 ; 27]



Conclusiones:

1. Independientemente del escenario simulado el modelo PP presenta mejor desempeño en cuanto eficiencia (RMSE), precisión (IC más angostos) y sesgo (Cobertura e IC angostos).
2. En cualquiera de los escenarios el modelo PP presentó porcentajes de cobertura mayores al 90% (nivel de los IC) y muy similares al modelo NP que siempre tuvo el mayor porcentaje.
3. En cuando al sesgo, si bien todos los modelos generan estimaciones insesgadas del número total de fatalidades, el modelo PP se destaca por ser el que presenta menores amplitudes de los Intervalos de Confianza.

Consideraciones futuras:

1. Evaluación de la sensibilidad de los resultados a la elección de distintas “priors”.
2. Considerar la incorporación de términos aleatorios en λ (número medio de fatalidades).
3. Aplicar la técnica a datos reales provenientes de estudios de monitoreo.
4. Ampliar los modelos propuestos, considerando modelar la heterogeneidad espacial.



Bibliografía citada:

- Arnett, E. B., Brown, W. K., Erickson, W. P., Fiedler, J. K., Hamilton, B. L., Henry, T. H., Jain, A., Johnson, G. D., Kerns, J., Koford, R. R., Nicholson, C. P., O'Connell, T. J., Piorkowski, M. D., & Tankersley, R. D. (2008). Patterns of Bat Fatalities at Wind Energy Facilities in North America. *Journal of Wildlife Management*, 72(1), 61–78. <https://doi.org/10.2193/2007-221>
- Audubon. (2020). Properly Sited Wind Power Can Help Protect Birds from Climate Change. National Audubon Society. <https://www.audubon.org/news/wind-power-and-birds>
- Bernardino, J., Bispo, R., Costa, H., & Mascarenhas, M. (2013). Estimating bird and bat fatality at wind farms: A practical overview of estimators, their assumptions and limitations. In *New Zealand Journal of Zoology* (Vol. 40, Issue 1, pp. 63–74). <https://doi.org/10.1080/03014223.2012.758155>
- Botto Nuñez, G., González, E. M., & Rodales, A. L. (2019). CONSERVACIÓN DE LOS MURCIÉLAGOS (MAMMALIA: CHIROPTERA) DE URUGUAY: ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS. *Mastozoología Neotropical*, 26(1), 49–64. <https://doi.org/10.31687/saremMN.19.26.1.0.05>
- Cressie, N., & Chan, N. H. (1989). Spatial Modeling of Regional Variables. *Journal of the American Statistical Association*, 84(406), 393. <https://doi.org/10.2307/2289922>
- Cressie, N., & Wikle, C. (2015). *Statistics for Spatio-Temporal Data* (1st ed.). Wiley. Retrieved from <https://www.perlego.com/book/999428/statistics-for-spatiotemporal-data-pdf> (Original work published 2015)
- Dalthorp, D., Madsen, L., Huso, M.M., Rabie, P., Wolpert, R., Studyvin, J., Simonis, J., y Mintz, J. (2018). GenEst statistical models—A generalized estimator of mortality: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 7, chap. A2, 13 p., <https://doi.org/10.3133/tm7A2>
- Dalthorp, Daniel, Huso, Manuela M., y Dail, David (2017). Evidence of absence (v2.0) software user guide: U.S. Geological Survey Data Series 1055, 109 p., <https://doi.org/10.3133/ds1055> [5]
- Darmstadter, J., & Palmer, K. (2010). Renewable Sources of Electricity: Safe Bet or Tilting at Windmills? In *The RFF Reader in Environmental and Resource Policy* (pp. 208-212). Routledge.
- Erickson, W. P., Jeffrey, J., Kronner, K., & Bay, K. (2004). Stateline wind project wildlife monitoring final report, July 2001-December 2003.
- Erickson, W. P., Johnson, G. D., Strickland, M. D., & Kronner, K. (2000). Avian and bat mortality associated with the Vansycle wind project, Umatilla County, Oregon: 1999 study year



Bibliografía citada:

- Gelman, A., Carlin, J. B., Stern, H. S., & Rubin, D. B. (1995). Bayesian Data Analysis. Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9780429258411>
- Germán, S., Azzimonti, G., Castro, M., García, R., Quincke, M., Pereyra, S. (2018). ROYA ESTRIADA DE TRIGO: epidemia en 2017 asociada a la presencia de razas agresivas del patógeno y sus posibles consecuencias. Revista INIA - N° 54. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11263/1/revista-INIA-54-setiembre-2018.-p.36-41.pdf>
- Horvitz, D. G. and Thompson, D. J. (1952). A Generalization of Sampling Without Replacement From a Finite Universe. Journal of the American Statistical Association, Vol. 47, No. 260 (Dec., 1952), pp. 663- 685. American Statistical Association. <http://www.jstor.org/stable/2280784>
- Huso, M. M. P. (2011). An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. Environmetrics, 22(3), 318–329. <https://doi.org/10.1002/env.1052>
- Huso, M. M. P., Dalthorp, D., Dail, D., & Madsen, L. (2015). Estimating wind-turbine-caused bird and bat fatality when zero carcasses are observed. Ecological Applications, 25(5), 1213–1225. <https://doi.org/10.1890/14-0764.1>
- Ibañez, M.V.; Martínez-García, M.; Simó, A. A Review of Spatiotemporal Models for Count Data in R Packages. A Case Study of COVID-19 Data. Mathematics 2021, 9, 1538. <https://doi.org/10.3390/math9131538>
- Ilienکو, A., 2013, Continuous counterparts of Poisson and binomial distributions and their properties: Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis, Sectio Computatorica, v. 39: p. 137–147.
- IMG1 (2020). “Turbinas eólicas en un campo de grano”. Autor: pidjoe. <https://www.istockphoto.com/es/search/2/image?phrase=blowing+clear+sky+crop+wind+no+people>
- IMG (2015) "The Benefits of Bats." Bureau of Land Management. U.S. Department of the Interior, 2015. https://www.blm.gov/sites/blm.gov/files/benefits_of_bats_brochure.pdf
- IMG3 (2020). Endangered bats are evolving to fight off an exotic fungal disease. <https://news.mongabay.com/2020/05/endangered-bats-are-evolving-to-fight-off-an-exotic-fungal-disease/>
- IMG4 (2021). In pursuit of Indiana bats. UNIVERSITY OF ILLINOIS URBANA-CHAMPAIGN. College of Agricultural, Consumer & Environmental Sciences. <https://aces.illinois.edu/news/pursuit-indiana-bats>



Bibliografía citada:

- IFBF (2018). Iowa is a Leader in the Wind Energy Industry. Iowa Farm Bureau Federation. <https://www.iowafarmbureau.com/Article/iowa-is-a-Leader-in-the-Wind-Energy-Industry>
- McCulloch, P. and Nelder, J.A. (1989) Generalized Linear Models. 2nd Edition, Chapman and Hall, London. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4899-3242-6>
- McDonald, T., Bay, K., Studyvin, J., Leckband, J., Schorg, A., & Mclvor, J. (2021a). Evidence of absence regression: a binomial N-mixture model for estimating fatalities at wind energy facilities. *Ecological Applications*, 31(8). <https://doi.org/10.1002/eap.2408>
- McDonald, Trent, Bay, Kimberly, Studyvin, Jared, Leckband, Jesse, Schorg, Amber, y Mclvor, Jennifer (2021). Evidence of absence regression: a binomial N-mixture model for estimating fatalities at wind energy facilities, *Ecological Applications* 31(8), <https://doi.org/10.1002/eap.2408>
- MGAP (2005). Tojo: maleza forestal invasora. Autor: Ing. Agr. Cristal Amaro. Revista N° 113 Marzo 2005. https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R113/R113_40.pdf
- MGAP (2018). Intoxicación por Ramaria, el hongo que produce Bocopa en vacunos. Autor:Dr.(MSc.) Rafael Carriquiry. <https://www.planagropecuario.org.uy/web/286/plantv/el-plan-responde.-bocopa,-la-intoxicaci%C3%B3n-por-el-hongo-de-los-montes-de-eucaliptus.html>
- Orloff, S., & Flanery, A. (1992). Wind turbine effects on avian activity, habitat use, and mortality in Altamont Pass and Solano County Wind Resource Areas 1989_1991
- Osborn, R., Higgins, K., Usgaard, R., Dieter, C., & Neiger, R. (2009). Bird Mortality Associated with Wind Turbines at the Buffalo Ridge Wind Resource Area, Minnesota. *The American Midland Naturalist*, 143, 41–52. [https://doi.org/10.1674/0003-0031\(2000\)143\[0041:BMAWWT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1674/0003-0031(2000)143[0041:BMAWWT]2.0.CO;2)
- Philibert, H., Wobeser, G., & Clark, R. G. (1993). COUNTING DEAD BIRDS: EXAMINATION OF METHODS. *Journal of Wildlife Diseases*, 29(2), 284–289
- Pollock, R. (2007). Recommended formulas for adjusting fatality rates. In: California Energy Commission and California Department of Fish and Game. California guidelines for reducing impacts to birds and bats from wind energy development.
- Rabie, P. A., Riser-Espinoza, D., Studyvin, J., Dalthorp, D., y Huso M.M.. (2021). AWWI Technical Report: Performance of the GenEst Mortality Estimator Compared to the Huso and Shoenfeld Estimators. Washington, DC. Available at www.awwi.org.



Bibliografía citada:

- Rencher, A. C., & Schaalje, G. B. (2008). *Linear models in statistics*. Hoboken, N.J: Wiley-Interscience.
- Royle, J. A. (2004). N-Mixture Models for Estimating Population Size from Spatially Replicated Counts. *Biometrics*, 60(1), 108–115. <https://doi.org/10.1111/j.0006-341X.2004.00142.x>
- Royle, J. A., Nichols, J. D., & Kéry, M. (2005). Modelling occurrence and abundance of species when detection is imperfect. *Oikos*, 110(2), 353–359.
- Sherman, J. (2007). *Wind power*. Capstone. https://books.google.com.uy/books?hl=es&lr=&id=Mu6BBq3W4pQC&oi=fnd&pg=PA4&dq=benefits+and+drawbacks+windmills&ots=IkHGOym8_w&sig=EFoq1nvqxHYDAM3Mt4fqD0sv6nw#v=onepage&q=benefits%20and%20drawbacks%20windmills&f=false
- Shoenfeld, P. (2004). Suggestions regarding avian mortality extrapolation.
- Smallwood, K. S. (2007). Estimating Wind Turbine–Caused Bird Mortality. *Journal of Wildlife Management*, 71(8), 2781–2791. <https://doi.org/10.2193/2007-006>
- Strickland, M.D., E.B. Arnett, W.P. Erickson, D.H. Johnson, G.D. Johnson, M.L., Morrison, J. A. S., & Warren-Hicks, W. (2011). *Comprehensive Guide to Studying Wind Energy/Wildlife Interactions*. Prepared for the National Wind Coordinating Collaborative, Washington, D.C., USA
- Stroup, W. W. (2013). *Generalized linear mixed models: Modern concepts, methods and applications*.
- USGS (2018a). Webinar #15 in WREN Environmental Webinar Series. Introduction to GenEst Generalized Estimator of Mortality. <https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/First%20Look%20at%20GenEst.pdf>
- USGS (2018b). GenEst A Generalized Estimator of Mortality. https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fd9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com%2Fassets%2Fpalladium%2Fproduction%2Fs3fs-public%2Fatoms%2Ffiles%2F2018.11.27_Intro_to_GenEst_workshop_NWCC_StPaul_0.pptx&wdOrigin=BROWSELINK
- Wobeser, G., & Wobeser, A. G. (1992). CARCASS DISAPPEARANCE AND ESTIMATION OF MORTALITY IN A SIMULATED DIE-OFF OF SMALL BIRDS. *Journal of Wildlife Diseases*, 28(4), 548–554. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-28.4.548>
- Zhang Y, Chang HH, Iuliano AD, Reed C. (2022), Application of Bayesian spatial-temporal models for estimating unrecognized COVID-19 deaths in the United States. *Spat Stat*. Jan 4:100584. doi: 10.1016/j.spasta.2021.100584. Epub ahead of print. PMID: 35013705; PMCID: PMC8730676.

*Muchas
Gracias!*

