

COLOCAR EL TITULO DEL TFM  
AQUÍ

Esta tesis se escribio usando los paquetes de R (R) Markdown,  $\text{\LaTeX}$  , `bookdown` y `amsterdown`.



Una versión en línea de esta tesis esta disponible en [https://github.com/Leo4Luffy/TFM\\_UAB](https://github.com/Leo4Luffy/TFM_UAB), bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.



*Máster interuniversitario en mejora genética y  
biotecnología de la reproducción*

**Colocar el título del TFM aquí**

Tesis académica para obtener  
el grado de Máster en Mejora Genética y  
Biotecnología de la Reproducción bajo la  
dirección del prof. dr. Miguel Pérez Enciso  
ante una comisión constituida por la Junta del Máster,  
para ser defendido en publico el  
Colocar aquí la fecha de la defensa, a las colocar la hora aquí

Jorge Leonardo López Martínez



**Dirección:**

Director: prof. dr. M. Pérez-Enciso   Centre for Research in Agricultural Genomics

# Índice general

<b>1. Revisión de literatura</b>	<b>1</b>
1.1. . . . . .	1
<b>2. Título</b>	<b>2</b>
2.1. Introducción . . . . .	3
2.2. Metodos . . . . .	5
2.3. Resultados . . . . .	5
2.4. Discusión . . . . .	5
<b>3. Título</b>	<b>6</b>
3.1. Introducción . . . . .	7
3.2. Metodos . . . . .	7
3.3. Resultados . . . . .	7
3.4. Discusión . . . . .	7
<b>4. Resumen y discusión</b>	<b>8</b>
<b>A. Anexo del capítulo 2</b>	<b>9</b>
<b>B. Anexo del capítulo 3</b>	<b>10</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>12</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>14</b>
<b>Varios</b>	<b>15</b>

# Capítulo 1

## Revisión de literatura

### 1.1.

# Capítulo 2

## Titulo

### Resumen

Insert abstract.

---

*Possibly insert citation here.*

## 2.1. Introducción

La teoría de la genética en el estudio de caracteres cuantitativos se estableció hace más de un siglo cuando Ronald Fisher presentó un documento (Fisher 1918) donde dio a conocer el desarrollo de la teoría del modelo infinitesimal, permitiendo con ello unificar dos de las escuelas de pensamiento que para ese entonces estaban en constante debate: la escuela de pensamiento Mendeliano, cuyo objetivo consistía en localizar y caracterizar factores de herencia, y la escuela de pensamiento biométrico, cuyo origen se remonta a Galton quien buscaba aplicar modelos biométricos con el fin de estudiar las relaciones entre parientes (Nelson, Pettersson, y Carlborg 2012; Blasco y Toro 2014).

La teoría del modelo infinitesimal desarrollado por Fisher establece que la varianza genética de un carácter esta determinado por un gran número de factores Mendelianos, cada uno de los cuales tiene una pequeña contribución aditiva al fenotipo de dicho carácter (Nelson, Pettersson, y Carlborg 2012; Turelli 2017). Naturalmente, los modelos usados en estudios de mejoramiento genético han sido concebidos en base a esta teoría (Villemereuil et al. 2016; Pérez-Enciso 2017), siendo ejemplo de ello el mejor predictor lineal insesgado (BLUP, sus siglas en ingles) y el mejor predictor lineal insesgado genómico (GBLUP, sus siglas en ingles).

En las ciencias animales, el valor de cría estimado (EBV, sus siglas en ingles) se predice en función de un conjunto de modelos que relacionan el fenotipo de una población con la información de su pedigrí, mediante el uso del BLUP. No obstante, este método no es factible para poblaciones sin información de pedigrí o con una estructura poblacional compleja, como suele ser el caso de las plantas (Nakaya y Isobe 2012; Tong y Nikoloski 2021). Para el año 2001, Meuwissen, Hayes y Goddard propusieron un método innovador para predecir los valores de cría basado en marcadores de ADN en todo el genoma (GEBV, sus siglas en ingles), denominándose tiempo después como selección genómica (Blasco y Toro 2014; Nakaya y Isobe 2012), el cual permitió también superar las limitaciones que suponía el uso del BLUP para predecir los valores de cría en plantas.

Hoy en día, la selección genómica se considera como un método potencial para el mejoramiento genético en plantas (Nakaya y Isobe 2012), ya que los ciclos reproductivos en estas suelen ser prolongados, por lo cual con el uso de la selección genómica es posible acelerar dichos ciclos reproductivos con el beneficio adicional de mejorar la tasa de ganancia genética anual por unidad de tiempo y costo (Desta y Ortiz 2014; Jurcic et al. 2021). Además, los datos sobre marcadores de ADN en todo el genoma están cada vez más disponibles para cultivos de relevancia agronómica (Tong y Nikoloski 2021).



El GBLUP es uno de los métodos más comunes de selección genómica (Jurcic et al. 2021). De hecho, es el método más popular debido a su simplicidad al sustituir la matriz de relación de parentesco basado en pedigríes (Wright 1922) por una matriz de relación basada en marcadores de ADN (Hayes, Visscher, y Goddard 2009). Así mismo, el GBLUP predice los GEBV en comparación al BLUP con mayor precisión, debido a que estima mejor las relaciones entre individuos (Misztal, Aggrey, y Muir 2012), por lo cual la matriz de las relaciones genómicas suele verse como un estimador mejorado de relaciones basadas en marcadores en lugar de pedigríes (Legarra et al. 2014).

En términos generales, la selección genómica es un proceso de tres pasos en el que los individuos, sobre la base de su información fenotípica y de pedigrí, son evaluados inicialmente mediante una evaluación genética tradicional (BLUP), y posteriormente a partir de los fenotipos corregidos o pseudo-fenotipos resultantes de esta evaluación genética inicial, es llevado a cabo un análisis genómico (GBLUP) de los individuos genotipados. Por último y en base a la información resultante, se calculan los GEBV por medio de un índice de selección (Legarra, Aguilar, y Misztal 2009; Misztal, Legarra, y Aguilar 2009; Misztal, Aggrey, y Muir 2012; Legarra et al. 2014; Misztal, Lourenco, y Legarra 2020).

Si bien el proceso anterior de selección genómica presenta ventajas como lo son (ESCRIBIR LAS VENTAJAS Y CITAR), a este también se le considera como un proceso torpe (Legarra et al. 2014), tendente a cometer errores (Misztal, Aggrey, y Muir 2012) y con inconvenientes como la pérdida de información y la dificultad de generalizarse a caracteres múltiples y maternos (Legarra, Aguilar, y Misztal 2009; Legarra et al. 2014). Conscientes de esto, Legarra, Aguilar y Misztal (2009) simplificaron el proceso de varios pasos al desarrollar un método de evaluación genómica conjunta que usa la información fenotípica, de pedigrí y genómica, método que los mismos autores denominaron como selección genómica de un solo paso (comunmente llamado single step GBLUP o ssGBLUP).

El ssGBLUP es hoy en día un método de uso rutinario para la evaluación genómica en animales, donde se ha demostrado que produce una predicción más precisa de los valores de cría en comparación a los métodos BLUP y GBLUP antes mencionados (Misztal, Aggrey, y Muir 2012; Pérez-Rodríguez et al. 2017; Misztal, Lourenco, y Legarra 2020). A pesar de esto, el uso del ssGBLUP para la selección genómica en plantas es más reciente y escaso (Pérez-Rodríguez et al. 2017; Jurcic et al. 2021). Por tanto, el **objetivo**

**2.2. Metodos**

**2.3. Resultados**

**2.4. Discusión**

# Capítulo 3

## Titulo

### Resumen

Insert abstract.

---

*Possibly insert citation here.*

**3.1. Introducción**

**3.2. Metodos**

**3.3. Resultados**

**3.4. Discusión**

# Capítulo 4

## Resumen y discusión

Here's where you would write a summary of your thesis<sup>1</sup>, along with a general discussion.

---

<sup>1</sup>You can also put the summary at the end (with the Dutch summary) or even at the beginning.

# Apéndice A

## Anexo del capítulo 2

What's left to say? How about a nice image then?



UNIVERSITY OF AMSTERDAM

# Apéndice B

## Anexo del capítulo 3

And now for some tables:

Cuadro B.1: Time series of the body temperature of a beaver.

day	time	temp	activ
307	930	36.58	0
307	940	36.73	0
307	950	36.93	0
307	1000	37.15	0
307	1010	37.23	0
307	1020	37.24	0
307	1030	37.24	0
307	1040	36.90	0
307	1050	36.95	0
307	1100	36.89	0
307	1110	36.95	0
307	1120	37.00	0
307	1130	36.90	0
307	1140	36.99	0
307	1150	36.99	0
307	1200	37.01	0

The average body temperature of the 2nd beaver (Table B.2) is 36.7 ( $SD = 0.22$ ).

Cuadro B.2: This is another beaver. Seems to be running slightly colder

day	time	temp	activ
346	840	36.33	0
346	850	36.34	0
346	900	36.35	0
346	910	36.42	0
346	920	36.55	0
346	930	36.69	0
346	940	36.71	0
346	950	36.75	0
346	1000	36.81	0
346	1010	36.88	0
346	1020	36.89	0
346	1030	36.91	0
346	1040	36.85	0
346	1050	36.89	0
346	1100	36.89	0
346	1110	36.67	0



# Bibliografía

- Blasco, A., y M. A. Toro. 2014. «A short critical history of the application of genomics to animal breeding». *Livestock Science* 166: 4-9.
- Desta, Z. A., y R. Ortiz. 2014. «Genomic selection: genome-wide prediction in plant improvement». *Trends in Plant Science* 19 (9): 592-601.
- Fisher, R. A. 1918. «The correlation between relatives under the supposition of Mendelian inheritance». *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 52: 399-433.
- Hayes, B. J., P. M. Visscher, y M. E. Goddard. 2009. «Increased accuracy of artificial selection by using the realized relationship matrix». *Genetics Research* 91: 47-60.
- Jurcic, E. J., P. V. Villalba, P. S. Pathauer, D. A. Palazzini, G. P. J. Oberschelp, L. Harrand, M. N. Garcia, et al. 2021. «Genomic selection: genome-wide prediction in plant improvement». *Trends in Plant Science* 127: 176-89.
- Legarra, A., I. Aguilar, y I. Misztal. 2009. «A relationship matrix including full pedigree and genomic information». *Journal of Dairy Science* 92: 4656-63. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2061>.
- Legarra, A., O. F. Christensen, I. Aguilar, y I. Misztal. 2014. «Single Step, a general approach for genomic selection». *Livestock Science*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2014.04.029>.
- Misztal, I., S. E. Aggrey, y W. M. Muir. 2012. «Experiences with a single-step genome evaluation». *Poultry Science* 92: 2530-4.
- Misztal, I., A. Legarra, y I. Aguilar. 2009. «Computing procedures for genetic evaluation including phenotypic, full pedigree, and genomic information». *Journal of Dairy Science* 92: 4648-55. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2064>.
- Misztal, I., D. Lourenco, y A. Legarra. 2020. «Current status of genomic evaluation». *Journal of Animal Science* 98 (4): 1-14. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa101>.
- Nakaya, A., y S. N. Isobe. 2012. «Will genomic selection be a practical

- method for plant breeding?» *Annals of Botany* 110: 1303-16.
- Nelson, R. M., M. E. Pettersson, y Ö. Carlborg. 2012. «A century after Fisher: time for a new paradigm in quantitative genetics». *Trends in Genetics* 29 (9): 669-76.
- Pérez-Enciso, M. 2017. «Animal breeding learning from machine learning». *Journal of Animal Breeding and Genetics* 134: 85-86.
- Pérez-Rodríguez, P., J. Crossa, J. Rutkoski, J. Poland, R. Singh, A. Legarra, E. Autrique, J. Burgueño G. de los Campos, y S. Dreisigacker. 2017. «Single-step genomic and pedigree genotype x environment interaction models for predicting wheat lines in international environments». *Plant Genome* 10 (2). <https://doi.org/10.3835/plantgenome2016.09.0089>.
- Tong, H., y Z. Nikoloski. 2021. «Machine learning approaches for crop improvement: leveraging phenotypic and genotypic big data». *Journal of Plant Physiology* 257: 153354. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153354>.
- Turelli, M. 2017. «Prediction of Total Genetic Value Using Genome-Wide Dense Marker Maps». *Theoretical Population Biology* 118: 46-49.
- Villemereuil, P. de, H. Schielzeth, S. Nakagawa, y M. Morrissey. 2016. «General methods for evolutionary quantitative genetic inference from generalized mixed models». *Genetics* 204: 1281-94.
- Wright, S. 1922. «Coefficients of inbreeding and relationship». *The American Naturalist* 56: 330-38.

# Agradecimientos

This section is optional, but theses typically include acknowledgments (*dankwoord* in Dutch) at the end. You may want to mix languages to thank people in their native tongue (though most Dutch speakers write it entirely in Dutch). But the standard language of the thesis template is English. You can switch temporarily by wrapping the text in language tags like so: [Your Dutch text here]{lang=nl}. This is important for things like hyphenation to work properly.

# Varios

Sometimes more chapters are added to the back matter, for instance:

- A short CV of the author
- A list of publications; (including) work that did not make it into the thesis (but that you've co-authored, for instance)
- A list of contributions to the chapters, in case they are based on multi-author papers

I've included the latter two in my PhD thesis<sup>1</sup>, if you're looking for some inspiration.

---

<sup>1</sup><https://lcreteig.github.io/thesis/>