

**ACTAS DE LAS  
IV JORNADAS DE INVESTIGACIÓN  
DE BACHILLERATO INTERNACIONAL**

IES ROSA CHACEL DE COLMENAR VIEJO

CELEBRADAS EN SEPTIEMBRE DE 2018

BIBLIOTECA DE RECURSOS PARA BACHILLERATO INTERNACIONAL  
IES ROSA CHACEL  
COLMENAR VIEJO





Copyright © IES Rosa Chacel de Colmenar Viejo  
C/ Huertas, 68 – 28770 Colmenar Viejo – Tel. 918 46 48 01  
Impreso en España

Título: Actas de las IV Jornadas de Investigación de Bachillerato Internacional

Autores: .

ISBN: 978-84-\_\_\_\_\_

## Sumario

Alba Carbonell. <i>The Secret Chamber and Harry Potter and the Chamber of Secrets</i> .....	1
Paloma Hernández. <i>El impuesto sobre las labores del tabaco: prevenir o curar</i> .....	13
Laura Herrera. <i>La arquitectura del sonido: materiales y formas en un auditorio</i> .....	33
Julia Inglés. <i>El Guernica como icono político y símbolo del antibelicismo</i> .....	61
Germán López. <i>Estudio del sistema binario R Canis Majoris</i> .....	81
Pablo Alberto Martí. <i>Equilibrio entre entorno y mobiliario en una parada de autobús</i> .....	99
Sergio Muñiz. <i>Matemáticas para la inclusión social</i> .....	121
Diego Pascual. <i>Diseño y estudio de la eficiencia aerodinámica de tres alerones</i> .....	137
María Robledo. <i>Republicanos españoles exiliados en Francia deportados a Mauthausen</i> .....	146
Rocío Valera. <i>Estudio químico de catalizadores en el proceso de producción de bioetanol</i> .....	162
Alonso Merino. <i>Actividad antimicrobiana de alimentos aplicados a levaduras</i> .....	182
Diego Iglesias. <i>La embajada Keichō: un primer contacto oficial con Europa</i> .....	196
Jara Ramos. <i>Lo apolíneo en Cartas marruecas y lo dionisiaco en Leyendas</i> .....	217



## Prólogo

*El conocimiento verdaderamente valioso se va atesorando poco a poco, a través del esfuerzo, la investigación y la dedicación. Los trabajos que recogen estas actas son el fruto de un trabajo honesto y paciente que hay que agradecer muy especialmente a los alumnos que lo han hecho y a los profesores que los han ayudado a recorrer ese camino.*

*Estas monografías y trabajos de investigación son muestra de una forma de acercarse al conocimiento que nos hace a todos enfrentarnos a la aventura de conocer. No se trata de aprender a repetir lo que otros nos transmiten, sino de aprender a recorrer nuestro propio camino como otros lo han hecho antes. El respeto que muestran estos alumnos por el trabajo de los que han investigado antes que ellos, citando siempre sus fuentes, reconociendo siempre los límites de su conocimiento, sientan las bases de una sociedad más crítica, más humilde, más consciente de los enormes avances que ha hecho la humanidad y más dispuesta a continuar avanzando con trabajo, paciencia, y acudiendo a la sabiduría acumulada de los que nos han precedido.*

*Muchas gracias, pues, a todos los alumnos que escriben en este libro y que se han expuesto a investigar con ilusión y humildad el mundo que se abre hermoso y diverso frente a ellos.*

*Felipe Perucho y Joaquín Herrero  
Coordinadores de las IV Jornadas de investigación BI*



*To what extent is J. K. Rowling's Harry Potter saga influenced by Margaret Oliphant's Victorian literature? English literature of the 19<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> Century: a comparative study between The Secret Chamber and Harry Potter and the Chamber of Secrets*

*Alba Carbonell Rivela*



*Witches and wizards have always been in literature and they will never, ever, go away. There'll just be different kinds of stories about them.*

*You sort of start thinking anything's possible if you've got enough nerve.*

Joanne K. Rowling

Acknowledgements

*To Paloma, thank you for teaching me to love literature.*

*To Natalie, thanks for being the expert we all need.*

*To my sisters, because they read Harry Potter a billion times.*

*To my teachers.*

Behind every novel and its study, questions arise on its genesis and sources of inspiration. It's not one specific element but the combination of all of them that have earned the *Harry Potter* saga the credit of "international bestseller"<sup>1</sup>. To what extent is the combination of its elements the main motive of its success? Or, how is one novel's success dependant on its main idea? And by "idea", I mean the basics of a storyline that define the general characteristics of every other literary element. This idea is often inspired by external factors from the author's personal life or their previous reading. Coming to the title correspondence of the second of Harry Potter's adventures: *Harry Potter and the Chamber of Secrets* (1998) and *The Secret Chamber* (1876), I question the extent to which Margaret Oliphant's<sup>2</sup> literature from the Victorian era, and specifically this short novel, has inspired J. K. Rowling<sup>3</sup>. Thus, this exploration aims to establish a comparative study between significant common elements, that will allow me to build a contended response to the proposed investigation question. To this aim, I'll analyse the narrator and its perspective, the location setting, and the literary tools used to introduce fantastic elements.

Bringing this analysis to the perspective of more 21<sup>st</sup> century writers would be useful in establishing the characteristics of the current literary period. Rowling has sold the most copies in this century, and her work has been adapted to cinema and influenced the mindset of children and adults, which gives literary relevance to Rowling, Oliphant, and this analysis.

*The Secret Chamber* was written during Romanticism, an era of rejection of logic as well as religion, in which authors chose to represent natural impulses, passion and instinct. For the first time in history, liberal ideas started to spread. Artists looked out to be original as a rebellion against classical rules. (Cassalingi and Fermanis, 2016). I lack the perspective to judge Rowling's historic context and objectively determine a concrete literary period, however some current events help me establish sim-

- 
- 1 The *Harry Potter* Saga had sold more than 450 million copies in 2013 and has been translated to 73 languages, becoming the most read saga worldwide (*The Time* and *The Guardian*).
  - 2 Oliphant was born in 1828 in Scotland. She published her first novel at age 21 and became a well-known author during adulthood.
  - 3 J. K. Rowling was born in 1965 in UK and studied French and Classical Studies in Exeter. She had various jobs while working on the first book, published six years later – 1997 – by Bloomsbury. ([www.jkrowling.com](http://www.jkrowling.com)).

ilarities: liberal ideas against a traditional regime are no longer news, but a constant fight towards a society based on equality. Setting *Harry Potter* in the context of other contemporary novels gets me to the idea that the literary movement it belongs to is new only to some extent, since it recovers mystery elements traditionally linked to gothic novels, but varies their approach by introducing them together with other elements from different movements. Thus, it can be argued that Rowling's literature and contemporary horror novels, aren't but a less extreme adaptation of the gothic novel, that intends to innovate by means of the incorporation of aspects from different genres.

By using a comparison methodology, I intend to analyse the three most pertinent aspects – narrator, spatio-temporal setting and fantastic elements – in terms of content, theme, and formal structure, taking into account literary and historic contexts. Starting from a simple title coincidence, this contrast will drive me to a qualitative conclusion on how Oliphant has influenced Rowling. I'm complementing my arguments with citations and authorities cited in *Bibliography*.

Since the development of the modern novel, the narrator has acquired complexity: new perspectives turn it into something more than a voice that describes action, characters, and setting. Kayser (1981), states that the modern novel refuses the need for congruence between narrator and reality. These new narrators discover new possibilities by introducing themselves as characters, changing their own perspective and modifying their credibility. Given this evolution, I find it pertinent to analyse it.

*Harry Potter and the Chamber of Secrets* is narrated by a third person, external to the story. Information presented to the readers is limited by the author to the main character's knowledge. Nathan Bashford (2012), even states that “*If Harry can't see it? It doesn't happen for the reader*”. This keeps up the suspense, achieving a stronger reader-character connection. Rowling utilises additional resources to let the reader know events that haven't been witnessed by Harry. The main method is dialogue – for example: “*Professor. I was wondering if you could tell us anything about the Chamber of Secrets,' said Hermione in a clear voice*” (Rowling, 1998, pp. 157-157). This dialogue provides Harry with essential information. The library is also important, since it becomes a major source of private or forbidden information. Other tools used are the “In-

visibility Cloak”<sup>4</sup> and a substance called “Pensieve”<sup>5</sup>, that allows a wizard to “save” their memories in a liquid, and be able to “relive” them infinite other times. These are examples of how Rowling employs fantastic elements and introduces them as narration tools to complement the knowledge acquired by the reader. Sometimes, these techniques are insufficient to embrace simultaneous plots, and the narrator focuses on a different character to describe something Harry isn’t witnessing. This happens with present events, and the other two members of the trio; Ron and Hermione are somehow “part of Harry”, since they are with him at all times.

These statements make me question to what extent the narrator in *Harry Potter and the Chamber of Secrets* is a “camera narrator”. It knows all of Harry’s thoughts, and often “the trio’s”<sup>6</sup> thoughts too. The narrator’s omniscience is limited though, because it isn’t familiar with the other characters’ thoughts or with events unwitnessed or untold to the protagonist. Plus, it has been demonstrated that Rowling “moves the camera” to other characters from time to time to give a full picture of the action. There are occasions in which the narrator even acquires unlimited omniscience; the narration through the Quidditch games being an illustration of this. The commentary:

*“...and rather attractive too – ‘JORDAN!’ ‘Sorry Professor’ The Weasley twins’ friend, Lee Jordan, was doing the commentary for the match, closely watched by Professor McGonagall”* (B1 p. 199).

The teachers’ actions:

*“Snape was in the middle of the stands (...) He had his eyes fixed on Harry and was muttering non-stop under his breath”* (B1 p. 199).

Ron, Hermione and Hagrid’s movements:

*“Ron and Hermione squeezed together to give Hagrid enough space to join them”* (p. 200), The field action:

---

4 “It’s an Invisibility Cloak,’ said Ron, a look of awe on his face. (...) Harry looked down at his feet, but they had gone. (...) He pulled the Cloak over his head and his reflection in the mirror vanished completely”. (Rowling, 1997, p. 216)

5 “(...) It is called a Pensieve,’ said Dumbledore. (...) ‘One simply siphons the excess thoughts from one’s mind, pours them into de basin, and examines them at one’s leisure (...)’. ‘You mean... that stuff’s your thoughts?’ Harry said, staring at the swirling white substance in the basin”. (Rowling, 2000, pp. 503-504).

6 Articles and curiosities published by linguists and fans, name Ron, Hermione and Harry as “the trio”.

*“That’s Chaser Katie Bell from Gryffindor there, nice dive around Flint, off up the field and – OUCH – hit by a Bludger – Quaffle taken by Slytherin – that’s Adrian...”* (p.199).

And Harry’s performance:

*“It was as Harry dodged another Bludger which went spinning past his head that it happened. His broom gave a sudden, frightening lurch”* (p. 200).

This characteristic prevents me from considering it completely a “camera narrator”.

Therefore, in *Harry Potter and the Chamber of Secrets*, the narrator cannot be classified under usual terms, as it changes constantly throughout the novel, adapting itself to the action, characters, setting, and the author’s intention in relation to the reader. I consider thus, that this element isn’t transcendent itself in relation to the novel’s analysis, but it gains importance when studying other elements.

On the other hand, Oliphant’s *The Secret Chamber*, is a novel in which its briefness limits the narrator game. This story’s internal structure is less complex<sup>7</sup> than Rowling’s and it’s directly linked to the narrator. It starts with a fully omniscient third person that summarizes the history of the castle, contextualising the reader. Because it is a short story, this introduction becomes mandatory, allowing the author to describe the characters and frame the setting without the need for Rowling’s narrating tools. The narrator later limits its omniscience to the thoughts of the protagonist, since the reader is already familiar with him and his environment. It is important to consider that *The Secret Chamber* isn’t a book series in which the reader knows about characters and their situation.

During climax and resolution – Lindore’s whereabouts in the chamber and the afterwards events – the narrator focuses on the central character, and, just as it happened with Harry, it lets the reader know only about his thoughts: *“This was all that he thought he saw (...) trying to smile at his terrors, trying to say to himself...”* (Oliphant, p.717). In fact, the roles of Ron and Hermione, as auxiliary characters, aren’t even portrayed in the short novel. This sudden limitation of the narrator’s omniscience is due to the plot triggering one single character, taking all external action to an irrelevant level. This concentrates the suspense, even though the reader may build a weaker identification with the character. Oliphant’s

---

7 It is divided in three chapters: an introduction of the setting and characters, the plot in which the protagonist enters the chamber, and a conclusion where his experience is discussed.

“narrator game” contemplates different narrators and intentionally modifies the story’s credibility. The introduction is written in a formal and objective tone: “*Castle Gowrie is one of the most famous and interesting in Scotland (...) This family peculiarity made the history of the Randolphins a very strange one*” (Oliphant, 1976, pp. 709, 710), but Lord Lindore’s experience inside the Chamber is told from his own biased perspective: “*It seemed to Lindores that he had seen neither the chair nor the man when he came in (...) Why his father’s terror? Why the secrecy in which his being was involved? His own mind, though calm, did not seem to act in the usual way*” (Oliphant, 1876, pp. 717-719). Plus, it coincides with the apparition of mysterious and fantastic elements for the first time, allowing the reader to doubt its veracity<sup>8</sup>.

I can conclude there are two clear similarities between the novels. The first one relates directly to the narrator’s omniscience – total or limited; external and narrating from the past. The second one is that this element is linked to the others: both writers modify it intentionally to achieve their aims, turning it into an essential tool for the plot development. This is precisely why the narrator comparison isn’t a key element when looking at my investigation question; Rowling hasn’t taken Oliphant’s reference to shape it, she has instead adjusted it to her plot. Both narrators are very similar in general terms, but the different formats of the novels make them appear distant from each other.

The spatio-temporal setting is very relevant, as it has become representative of a genre. The appearance of dark and sinister castles, wide halls, etc, are the main tension-creating tools in gothic novels. Both authors follow many of the genre’s characteristics, especially in terms of content.

We can locate *Harry Potter and the Chamber of Secrets* on a time which coincides – casually or not – with Rowling’s childhood – 1965. It becomes irrelevant because the main focus of the action takes place at Hogwarts, a fictional location that lacks external time setting. This could be due to the author’s decision to disassociate magic from a specific historic period, or a desire make of Hogwarts an “alternate universe” where timing and history aren’t comparable to ours. Oliphant, on the contrary, locates her story contemporarily to its publication – 1876 – by using the present tense on the introduction. She could be trying to increase its credibility by adding real place names and facts, or to recreate a legend

---

8 There are theories that consider the possibility that everything that happens inside the chamber isn’t but the protagonist’s dream (Fielding, 2003).

out of the novel<sup>9</sup>. This increases the reader's empathy towards the protagonist. To this same aim, Rowling describes day to day events, like homework, school, Christmas, teachers: "*Lots of homework?*" said Hermione catching up." (B4, p. 170), creating a feeling of routine out of fantasy, and normalizing mysterious events.

The internal time setting presents clear differences between novels: Harry Potter's adventure lasts more than nine months – a school year – and the way time plays out is adjusted to the writer's intention, and not reality; leading to jumps in time, with parts in which only a small reference to the character's routine life is made, and a clear elongation of relevant scenes and plot climax. The scene in which Harry fights the monster goes on for twenty pages, while all of February's events are summarised in two paragraphs. Lord Lindores, on the other hand, completes the challenge in less than one night and the total plot lasts one day. The briefness of Oliphant's novel constrains the details the writer could provide; or – even considering the genre discordance, – it could be linked to the classical drama units<sup>10</sup>. The lengthening of the climax, due to detailed descriptions, demonstrates again the adjustment of time to finality and not reality. Therefore, even though this element is different from one novel to other, both adapt themselves perfectly to the plot and the aim, as it is common in gothic novels and Romanticism in general.

Location setting is important since it represents a genre: "*The action takes place in and around an old castle, or the ruins of the previous. Sometimes the edifice is seemingly abandoned, occupied, or unclear whether or not there are occupants (human or otherwise). The castle often contains secret passages, trap doors, secret rooms, trick panels with hidden levers, dark or hidden staircases, and possibly ruined sections*" (Harris, 2015 in *Elements of The Gothic Novel*). The *Harry Potter* saga often includes detailed descriptions of sinister places that have come to life within the audio-visual adaptations. The space location is almost literally the same, each one adjusted to the conditions required by the external time setting, the plot and the characters. The castle is big, sinister and mysterious, there are moving rooms or stairs, and not even the characters themselves are familiar with them<sup>11</sup>. Other relevant common elements are ancestor's paint-

---

9 The author has admitted that the novel is based on the Scottish castle of Glamis, a mysterious and legendary place. Around 1830 a rumour of a secret chamber related to a historic character Earl Beattie, started to spread out (Richardson, 2014).

10 Also known as Aristotelic Units, they require a play to have a unitary nature. In terms of timing, the plot must happen linearly and during 24 hours (Dryden, 1668).

11 Hogwarts: "*Perched atop a high mountain, its windows sparkling in the starry sky, was a vast*

ings, dormitories and *The Secret Chamber* itself; the descriptions of which are similar, except for Lindores finding it full of strange objects: "...an antiquated old room hung with tapestry (...), a panel of carved wood (...); a table covered with strange instruments, parchments, chemical tubes, and curious machinery (...). A heavy old velvet cover (...), a very old Venetian mirror (...)" (Oliphant, 1876, pp. 717), and Harry finding it empty: "very long, dimly chamber. Towering stone pillars rose to support a ceiling lost in darkness, casting long black shadows through the odd, greenish gloom that filled the place (...)" (Rowling, 1998, pp. 323-324). All these features are recovered directly from Romanticism and the gothic novel. This was a trend when Oliphant wrote her book, but Rowling is influencing her plot approach with literature dated more than a century ago.

It has been demonstrated that time and location settings share content and purpose, as well as characteristics that belong to the gothic novel, which proves that Rowling recovers some elements from the 19<sup>th</sup> century. By comparing descriptions of both novel's spaces, I determine a clear relationship between them, which shows the influence Oliphant's *The Secret Chamber* has had upon Rowling's book. I now question whether Rowling developed her plot location from Oliphant's novel or whether this was just a tool to contextualise a story she had already developed.

Another gothic novel key feature is the introduction of fantastic elements clearly linked to the location setting. Both novels incorporate magic and are aligned with the approach of an ancient mystery that is inherited from generation to generation. *Harry Potter* describes a chamber that can only be opened by Salazar Slytherin's – one of Hogwarts' founders – true heir: "Slytherin, according to the legend, sealed the Chamber of Secrets so that no one would be able to open until his own true heir arrived at the school. The heir alone would be able to unseal the Chamber of

---

castle with many turrets and towers (...) They walked up a flight of stone steps and crowded around a huge, oak front door" (pp. 119,120). "The Entrance Hall was so big (...). The ceiling was too high to make out, and a magnificent marble staircase..." "It was lit by thousands of candles floating mid-air" "There were a hundred and forty staircases at Hogwarts: (...) some that led somewhere different on a Friday (...) There were doors that wouldn't open unless asked politely, and doors that weren't doors at all (...) It was also very hard to remember where everything was, because it all seemed to move around a lot. The people in the portraits kept going to visit each other and Harry was sure the coats of armour could walk. The ghosts didn't help, either" (Rowling, 1997, pp. 121-141).

Castle Gowrie: "It is a beautiful old house (...) with its clustered turrets and walls that could withstand an army, – its labyrinths, its hidden stairs, its long mysterious passages (...) – The front, with its fine gateway and flanking towers, is approached now by velvet lawns, and a peaceful, beautiful old avenue (...) like a cathedral; and the woods out of which these towers rise..." (Oliphant, 1876, p. 709)

*Secrets, unleash the horror within, and use it to purge the school of all who were unworthy to study magic*" (Rowling, 1998, p.159). Uncertainty is created around popular ignorance about everything related to this chamber: location, hidden secrets, and the heir... This outlined mystery aims to increase and maintain suspense throughout the story, using mystery to make characters and readers doubt the chamber's actual existence; introducing the possibility of a legend. Oliphant includes this same concept of chamber achieving an aura of mystery and uncertainty. "*A family secret (...) A secret chamber in Gowrie Castle. Everybody knew of its existence; but save the Earl and his heir, no mortal knew where this place was. (...) The peculiarity of this secret chamber, however, was that some secret connected with the very existence of the family was always understood to be involved in it*" (Oliphant, 1998, p. 710). This time, the identity of the heir is known, but the chamber's content is even more uncertain. All these elements are suddenly revealed when climax is reached, unleashing the accumulated suspense.

We can deduct that both stories share a parallel basic plot structure created out of fantastic elements. Even so, each author introduces them in different ways, using different techniques to create the mysterious feelings present in gothic novels. This variation has two clear causes: firstly, each author's need to adapt a similar story to their own characters, plot, time-space location and novel format constraints. Secondly, the utilization of magic to achieve their intentions: Rowling aims to entertain her readers with a different kind of magic story that has its origins in the gothic novel, appealing to teenagers as well as to adults, whereas Oliphant intends to create a mystery novel parting from realistic historic elements.

Despite this coincidence, we can observe that Rowling takes the introduction of magic to another level, by making fantastic elements appear as daily events. To achieve that, she describes a school boy's life in a wizarding school similar to life in a standard boarding school. She makes magic part of their routine, giving a sense of normality and establishing a difference between routinely magic and outstanding fantastic events. This way, two levels of fantasy are created: daily and unusual. I believe this is one of the keys to *Harry Potter's* success, since it doesn't only maximize reader-character identification, but also gives the young reader a desire to experiment that "different reality" where magic becomes a routine. Daniel Mitchell states on *The Magic of Harry Potter* that it's not the genre that makes the book amusing, "*they could be written with a realistic fiction approach and they'd be also a "good read"*" (pp. 25), it's the way magic

is incorporated that makes them appealing to adults and kids. Oliphant also introduces magic as a daily element when contextualizing the place and the characters' history: "*It was a mystery that piqued the imagination and excited the interest of the entire country. (...) The story went, that somewhere hid amid the massive walls and tortuous passages there was a secret chamber (...). No ghost story I ever heard of has been so steadily and long believed (...) nobody knew even with any certainty that there was a ghost connected (...). Something hidden in it of which assuredly the race could not be proud*" (pp. 709-710), but it's not the fantastic elements themselves that become daily routine, but the uncertainty over them. Therefore, both novels introduce fantasy and mystery as quotidian; Rowling makes magic something usual for schoolers, while Oliphant introduces it with a mystery halo over it.

Fantasy is depicted in a similar way in terms of form and content, aligned with gothic novel characteristics, but they are perceived differently due to the techniques used by each author and their aim when introducing magic as a routine. Rowling uses *The Secret Chamber's* fantastic approach and develops it in a more complex structure; adapting it to a character that was already created. She uses the same basic idea: *The Secret Chamber* and the family mystery adjusting it to her novel characteristics and purpose, changing completely the way fantastic elements are perceived from one novel to other. Rowling innovates by modifying the gothic novel to fit a 21st century reader. What's the contribution of this genre modernization to *Harry Potter's* success? It may well be that this set of elements and coincidences have made that, in an attempt to modernize a genre, a new character came up that has attracted readers from all ages (which could have also been the author's aim). Despite all of this, we shouldn't forget that the *Harry Potter* series is rooted in the gothic novel, in which horror stories about abandoned castles mixed reality and fiction and were frequently placed in the same time that they were written. This book, more specifically, is based on an original idea developed by Oliphant in her short story published in 1876.

At interviews, Rowling constantly states that her inspiration comes fully from her day to day life. Because of this, some characters are based on real people – Umbridge is a teacher she had in primary school and Hermione is a reflection of herself. The idea for the creation of Harry Potter came to her during a train trip: "*I was sitting there, no pen or paper, and I had all these ideas boiling in my head...*" (Rowling, 2001). It seems that at least some of her ideas originate from her readings, and these would likely have had an indirect influence on her books, since Rowling,

as it has been demonstrated in this essay, shapes traditional ideas and adapts them to make them her own.

I can therefore conclude that J. K. Rowling has utilized *The Secret Chamber* as an inspiration for Harry Potter's second book, since the basic, main idea is essentially identical; even though their approaches are completely different. It can be argued that the genre Rowling has consolidated, by modifying the romantic gothic novel, is representative of the 21st century as a literary movement. However, she has publicly claimed that the only book she has used as an inspiration source is *The Little White Horse*, by Elisabeth Gouge (BBC, 2001).

*“At least 95% of the magic in the books is entirely invented by me. And I've used things from folklore and I've used bits of what people used to believe worked magically just to add a certain flavour (...) I've taken liberties with folklore to suit my plot”* (Rowling, 2001, for the BBC).

## Bibliography

### Main references

- Rowling, J. K. (1998) *Harry Potter and the Chamber of Secrets* (pp. 360) London: Bloomsbury Publishing Plc. Edition from September 2014.
- Oliphant, M. (1876) *The Secret Chamber*. (pp. 709-729) in Blackwood's Magazine vol. CXX. Edinburgh: William Blackwood & Sons.

### Books and manuals

- Mitchell, D. (2007). *The Magic of Harry Potter: Essays Concerning Magic, Literary Devices and Moral Themes in J. K. Rowling's Harry Potter*. (pp. 7-48) Washington: Cross Timber Books.
- Grigoryan, M. *Wandering Between Worlds: “Other” Identities in Harry Potter* (pp. 7-19) and Langford, B. *Archives of Memory: Visualizing the Pensieve and Prophecies* (pp. 131-141) in Bell, C. E. (2013) *Legilimens!: Perspectives in Harry Potter Studies*. Cambridge: Cambridge Scholars Publishers.
- Cassaliggi, C. and Fermanis, P. (2016) *Romanticism: A Literary and Cultural History*. (pp. 282) New York: Routledge.
- Dryden, John (1668). *An Essay of Dramatick Poesie* London: Henry Haringman.

- Kayser, W. (1966) *A Grottesque in Art and Literature*. New York: McGraw-Hill.
- Rowling, J. K. (1997) *Harry Potter and the Philosopher's Stone* (pp. 331) London: Bloomsbury Publishing Plc. Edition from September 2014.
- Rowling, J. K. (1999) *Harry Potter and the Prisoner of Azkaban* (pp. 462) London: Bloomsbury Publishing Plc. Edition from September 2014.
- Rowling, J. K. (2000) *Harry Potter and the Goblet of Fire* (pp. 517) London: Bloomsbury Publishing Plc. Edition from September 2014.
- Rowling, J. K. (2003) *Harry Potter and the Order of the Phoenix* (pp. 800) London: Bloomsbury Publishing Plc. Edition from September 2014.
- Rowling, J. K. (2005) *Harry Potter and the Half-Blood Prince* (pp. 542) London: Bloomsbury Publishing Plc. Edition from September 2014.

### Articles

- TIME Staff (2013) *Because It's His Birthday: Harry Potter, By the Numbers*. Recovered December 2017 from <http://entertainment.time.com/2013/07/31/because-its-his-birthday-harry-potter-by-the-numbers/>
- The Guardian (2016) *The top 100 bestselling books of all time*. Recovered December 2017 from <https://www.theguardian.com/news/datablog/2012/aug/09/best-selling-books-all-time-fifty-shades-grey-compare>
- Fairfax, H. (2015) *5 Books That Were Influenced By 'Harry Potter'* in BookBub Blog. Recovered January 2018 from <https://media.bookbub.com/blog/2015/10/08/books-inspired-by-harry-potter/>

### Online resources

- Rowling, J. K. (2016) *About J. K. Rowling* Retrieved in December 2017 from <https://www.jkrowling.com/about/>
- Bashford, N. (2012) *Third Person Omniscient vs. Third Person Limited*. For [blog.nathanbashford.com](http://blog.nathanbashford.com) Retrieved January 2018 from <https://blog.nathanbransford.com/2012/11/third-person-omniscient-vs-third-person>
- Harris, R. (updated 2017) *Elements of the Gothic Novel* for VirtualSalt® Retrieved January 2018 from <https://www.virtualsalt.com/gothic.htm>
- Richardson, J. (2014) *The Margaret Oliphant Fiction Collection*. Retrieved in June 2017 from <http://www.oliphantfiction.com>

### Audio-visual

- BBC (2001) *J. K. Rowling – Harry Potter and Me*
- BBC (1997) *What JK Rowling said about the first Harry Potter Book*

# *El impuesto sobre las labores del tabaco: prevenir o curar*

*Paloma Hernández Matellano*



## **Introducción**

Se estima que cerca de 45.000 hombres y 6.400 mujeres mueren anualmente en España a causa del consumo de tabaco<sup>12</sup>. Fumar acorta la esperanza de vida una década<sup>13</sup> y empeora la calidad vital, no solo del fumador, sino también de las personas a su alrededor.

Más de 150 diagnósticos hospitalarios, entre los que destacan el cáncer de pulmón, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y los trastornos cerebrovasculares, están asociados al tabaquismo, a lo que se añaden diversos tratamientos ambulatorios que derivan también del consumo de tabaco<sup>14</sup>. Estas externalidades negativas del consumo de tabaco (efectos negativos del tabaquismo que afectan a terceras personas que no realizan este consumo) suponen un elevado coste para la Hacienda Pública, y por ello son comúnmente

---

12 Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (2017). *Muertes atribuibles al consumo de tabaco en España, 2000-2014*. Madrid: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Págs. 53. Versión virtual en <https://www.msssi.gob.es/estadEstudios/estadisticas/estadisticas/estMinisterio/mortalidad/docs/MuertesTabacoEspana2014.pdf>

13 Espiño, Isabel (2004). *Fumar acorta la vida una década*. El Mundo Salud. Versión virtual en [http://www.elmundo.es/elmundosalud/2004/06/22/salud\\_personal/1087925568.html](http://www.elmundo.es/elmundosalud/2004/06/22/salud_personal/1087925568.html)

14 Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (2016). *Conjunto Mínimo Básico de Datos – Ambulatorio (CMBD AAE)*. Informes anuales. [Consultada el 22 de octubre de 2017] en <http://pestadistico.inteligenciadegestion.msssi.es/publicoSNS/comun/ArbolNodos.aspx?idNodo=22114>

empleadas para justificar la existencia del impuesto especial sobre las labores del tabaco<sup>15</sup>.

Sin embargo, más allá de compensar el gasto público sanitario que se dedica al diagnóstico y tratamiento de enfermedades provocadas por el tabaquismo, este impuesto especial se impone también en muchos países como estrategia para reducir el consumo de esta “droga legal”<sup>16</sup>. En la campaña del Día Mundial Sin Tabaco del año 2014, la Organización Mundial de la Salud puso en marcha una iniciativa a través de la cual se buscaba evidenciar la eficacia de los impuestos sobre el tabaco como política para reducir su consumo<sup>17</sup>. Tras motivar a todos los gobiernos del mundo a elevar estos impuestos especiales, los resultados de la campaña permitieron estimar una reducción de entre el 4% y el 5% en el consumo de tabaco al incrementar su precio un 10%, de forma que se evidenciaba el efecto desincentivador del impuesto al tabaquismo sobre el consumo de esta sustancia.

En numerosas ocasiones, desde la aprobación de la Ley Antitabaco en España en 2006<sup>18</sup>, el gobierno ha buscado la justificación a los elevados tributos que se imponen sobre el tabaco en el hecho de que el gasto público provocado por el tabaquismo debe ser financiado por aquellos que lo consumen. Sin embargo, en los últimos años, a pesar de que el consumo de tabaco es cada vez menor<sup>19</sup> (lo cual podría implicar una reducción progresiva del gasto público sanitario dedicado a enfermedades derivadas del consumo de tabaco), el impuesto especial sobre esta droga ha seguido siendo incrementado sucesivas veces más, llegando a una aparente

- 
- 15 Montalbán, Erik (2011). *Los impuestos del tabaco cubren los gastos de Fomento, Sanidad e Industria*. La Razón. Versión virtual en [http://www.larazon.es/historico/4443-los-impuestos-del-tabaco-dan-para-cubrir-los-gastos-de-fomento-sanidad-e-industria-SLLA\\_RAZON\\_356002](http://www.larazon.es/historico/4443-los-impuestos-del-tabaco-dan-para-cubrir-los-gastos-de-fomento-sanidad-e-industria-SLLA_RAZON_356002)
- 16 Geraldino, Sara (2009). *Tabaco: Droga Legal*. Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laborales. [Consultada el 13 de diciembre de 2017] en [http://www.inpsasel.gob.ve/moo\\_news/Prensa\\_360.html](http://www.inpsasel.gob.ve/moo_news/Prensa_360.html)
- 17 Organización Mundial de la Salud (2014). *Aumentar los impuestos sobre el tabaco – Lo que hay que saber*. Ginebra: Ediciones de la OMS, págs. 16. Versión virtual en [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112851/1/WHO\\_NMH\\_PND\\_14.2\\_spa.pdf?ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112851/1/WHO_NMH_PND_14.2_spa.pdf?ua=1)
- 18 LEY 28/2005, de 26 de diciembre, de medidas sanitarias frente al tabaquismo y reguladora de la venta, el suministro, el consumo y la publicidad de los productos del tabaco. BOE núm. 309 (2005).
- 19 Instituto Nacional de Estadística (2016). *Sociedad. Salud*. [Consultada el 28 de diciembre de 2017] en [http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica\\_P&cid=1254735573175](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=1254735573175)

contradicción<sup>20</sup>. En un estudio sobre el tema<sup>21</sup>, el economista americano W. Kip Viscusi demostró que los impuestos sobre el tabaco excedían el coste estimado de las externalidades negativas de su consumo, de forma que sería erróneo afirmar que este tributo se impone únicamente con la intención de cubrir ese gasto público.

No obstante, las conclusiones a las que llegó W. Kip Viscusi en su estudio son difícilmente aplicables de igual manera a todos los países, dado que las cifras varían en gran medida. Así, en esta monografía se pretende analizar, en base a datos reales de los últimos años en España, la correlación entre la cantidad recaudada a través del impuesto sobre el tabaco y los costes derivados del consumo de esta droga, observando si actualmente el tributo sobre las labores del tabaco se impone únicamente como medida correctiva de las externalidades negativas del tabaco o si su elevado valor se debe a que pretende ser primordialmente una medida preventiva del tabaquismo. Es relevante tener en cuenta que la finalidad principal de este impuesto especial es un objetivo recaudatorio, por lo que esta investigación solamente pretende encontrar el argumento con el cual se justifique que las labores del tabaco sean las que se sometan a este elevado tributo, en lugar de cualquier otro producto.

De esta manera, la pregunta de investigación que se pretende responder es la siguiente: ¿En qué medida son los impuestos especiales sobre las labores del tabaco en España una medida destinada principalmente a prevenir el tabaquismo más allá de limitarse a corregir las externalidades negativas del consumo de tabaco?

Esta monografía se enmarca dentro del área de la economía relacionada con las externalidades negativas del consumo, en este caso de tabaco, y del área de los impuestos indirectos especiales, dado que es necesario estudiar el funcionamiento y la evolución del impuesto especial sobre las labores del tabaco, así como las recaudaciones que éste genera. Además, para llegar a conclusiones válidas, se estudiará si, dada la elevada elasticidad-precio de la demanda de tabaco, es factible y realista opinar que el impuesto del tabaco esté destinado principalmente a reducir su consumo, de forma que este área de la economía también se abordará.

---

20 Precio Tabaco (2011). *Impuestos del tabaco en España*. [Consultada el 5 de diciembre de 2017] en <https://www.preciotabaco.com/impuestos-tabaco-espana>

21 Kip Viscusi, W. (1994). *Cigarette taxation and the social consequences of smoking*. Massachusetts: National Bureau of Economic Research Working Paper Series. Número 4891. Versión virtual en <http://www.nber.org/papers/w4891.pdf>

El interés y la importancia de las conclusiones a las que se llegará en esta monografía recaen en el hecho de que, a la hora de evaluar la eficacia de los impuestos sobre el tabaco, es necesario saber de antemano cuál es el objetivo principal de estos, dado que podrían ser muy útiles para cierto aspecto sin que ésta fuese realmente su intención. Así, es imprescindible determinar cuál es el objetivo principal de este impuesto (corregir las externalidades negativas del tabaco o reducir su consumo) para posteriormente analizar el grado de éxito con el que se ha conseguido esta meta.

Tras consultar numerosos estudios y tesis realizadas por reconocidos economistas de diversas nacionalidades, la metodología de investigación de esta monografía se centró en obtener datos reales tanto de la evolución del impuesto sobre el tabaco y su recaudación como de los costes sanitarios de enfermedades provocadas por el tabaquismo en España. Para ello, se emplearon fuentes oficiales (Agencia Tributaria<sup>22</sup>, Ministerio de Sanidad<sup>23</sup>, Instituto Nacional de Estadística<sup>24</sup>...) que aseguran la fiabilidad y objetividad de la investigación.

## El impuesto sobre las labores del tabaco

Actualmente en España, el tabaco (en todas sus labores) está sujeto a dos tipos de impuestos indirectos: el IVA general, que se sitúa en el 21% tras la subida experimentada en septiembre de 2012<sup>25</sup>, y el Impuesto Especial. Este último está formado por tres componentes principales<sup>26</sup>: el tipo Ad Valorem, consistente en un porcentaje fijo que se aplica sobre el PVP del tabaco; el tipo Específico, que representa una cantidad fija por determinadas unidades de producto (euros por cada mil cigarrillos, euros por kilo...); y el tipo Mínimo, una cifra por unidades de producto que establece el importe mínimo que debe alcanzar el impuesto especial sobre el ta-

---

22 Agencia Tributaria (2017). *Estadísticas*. [Consultada el 22 de diciembre de 2017] en [http://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/La\\_Agencia\\_Tributaria/Memorias\\_y\\_estadisticas\\_tributarias/Estadisticas/Estadisticas.shtml](http://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/La_Agencia_Tributaria/Memorias_y_estadisticas_tributarias/Estadisticas/Estadisticas.shtml)

23 Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (2016). *Portal Estadístico del SNS*. [Consultada el 13 de noviembre de 2017] en <https://www.msssi.gob.es/estadEstudios/portada/home.htm>

24 Instituto Nacional de Estadística (2018). *INEbase*. [Consultada el 3 de enero de 2018] en <http://www.ine.es/dyngs/INEbase/listaoperaciones.htm>

25 *Real Decreto - Ley 20/2012, de 13 de julio, de medidas para garantizar la estabilidad presupuestaria y de fomento de la competitividad*. BOE núm. 168 (2012).

26 Altadis (2012). *Fiscalidad del tabaco*. [Consultada el 30 de diciembre de 2017] en <http://www.altadis.com/prensa-fiscalidad-tabaco.php>

baco, ya sea mediante la suma de los otros dos tipos o por aplicación directa.

En la Tabla I se muestra la evolución de los distintos componentes del impuesto especial sobre el tabaco desde 2006, cuando se aprobó la Ley Antitabaco en España, hasta la última modificación en junio de 2013<sup>27</sup>. Se debe tener en cuenta que el análisis de esta monografía se centrará en los datos relativos al periodo 2011-2015 (dado que son los más actuales publicados hasta el momento), de forma que las modificaciones de los tipos impositivos posteriores a diciembre de 2015 no son objeto de estudio.

		Unidades	Desde febrero 2006	Desde noviembre 2006	Desde junio 2009	Desde diciembre 2010	Desde marzo 2012	Desde diciembre 2012	Desde junio 2013
Cigarros y cigarrillos		% pvp	13,5	13,5	14,5	15,8	15,8	15,8	15,8
	Tipo mínimo	1000 cig.						34	41,5
Cigarrillos	Ad valorem	% pvp	57	57	57	57	55	53,1	51
	Específico	1000 cig.	8,2	8,2	10,2	12,7	19	19,1	24,1
	Tipo mínimo	1000 cig.	55	70	91,3	116,9	116,9	123,97	128,65
Picadura para liar	Ad valorem	% pvp	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5
	Específico	kg			6	8	8	8	22
	Tipo mínimo	kg			50	75	75	85	96,5
Las demás labores del tabaco		% pvp	25	25	26	28,4	28,4	28,4	28,4
	Tipo mínimo	kg							22

Tabla I: Evolución (entre 2006 y 2015) de los tipos impositivos aplicables por el impuesto sobre las labores del tabaco. Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Tributaria.

Es interesante destacar, respecto a la Tabla I, el hecho de que los cigarrillos han sido siempre la variedad de tabaco que está sometida a un mayor tipo impositivo, debido a que son también la más consumida. Así, al ser más elevado el impuesto sobre esta labor de tabaco que sobre las demás, el consumo se ha desplazado hacia otras variedades de tabaco, especialmente el tabaco de liar<sup>28</sup>, que han actuado en los últimos años como bienes sustitutivos de los cigarrillos gracias a que están gravadas con un menor tipo impositivo.

En la Tabla II, que muestra el desglose del PVP de los cigarrillos entre los años 2011 y 2015, se pueden observar los efectos de las variaciones de los tipos impositivos sobre el precio final del tabaco. Así, se observa un aumento del 5,76% en el Impuesto Especial entre 2011 y 2012 que se co-

27 Real Decreto -Ley 7/2013, de 28 de junio, de medidas urgentes de naturaleza tributaria, presupuestaria y de fomento de la investigación, el desarrollo y la innovación. BOE núm. 155 (2013).

28 Agencia EFE (2009). Aumenta más del 60% el consumo de tabaco de liar. RTVE Ciencia y Tecnología. Versión virtual en <http://www.rtve.es/noticias/20090829/aumenta-mas-del-60-consumo-tabaco-liar/290417.shtml>

responde con la subida del tipo impositivo específico a partir de marzo del 2012 (Tabla I). Esto refleja cómo pequeñas variaciones en los tipos impositivos sobre el tabaco provocan alteraciones más destacables sobre el PVP, que en este caso ha subido 0,24 € en 2012 respecto al año anterior. De esta manera, se evidencia cómo el aumento progresivo, aunque lento, de los tipos impositivos sobre el tabaco puede ser una estrategia útil para desincentivar su consumo, dado que provoca importantes variaciones en el PVP.

	Precio Antes de Impuestos	Carga Fiscal			Comisión	PVP
		Impuesto Especial	IVA	Total		
2011	0,48	2,43	0,57	3	0,32	3,8
2012	0,52	2,57	0,61	3,18	0,34	4,04
2013	0,55	2,7	0,74	3,44	0,37	4,36
2014	0,55	2,72	0,74	3,46	0,37	4,38
2015	0,56	2,75	0,75	3,5	0,38	4,44

Tabla 1: Desglose del precio medio de venta al público (euros/cajetilla) de los cigarrillos consumidos entre 2011 y 2015. Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Tributaria.

Cabe destacar también la influencia del aumento del IVA general al 21% que se aprobó en verano de 2012, y que provocó un aumento del 7,92% en el PVP de los cigarrillos el año siguiente. En 2015, la carga fiscal suponía el 78,83%<sup>29</sup> del precio de venta de los cigarrillos, una cifra muy elevada que explica el hecho de que la caída de la recaudación por el tributo especial del tabaco no sea proporcional al brusco descenso de las ventas.

Tras haber analizado la decisiva influencia que ejercen los tipos impositivos del tabaco sobre el precio final de éste y el progresivo aumento al que se han visto sometidos los distintos componentes del impuesto especial sobre el tabaquismo en los últimos años, se pueden plantear dos hipótesis principales que explican por qué, bajo una finalidad predominantemente recaudatoria, es este tributo tan elevado:

**Hipótesis 1:** Por un lado, este elevado tipo impositivo podría imponerse como una medida correctiva que busca compensar los costes provocados por las externalidades negativas del consumo de tabaco, es decir, aquellos costes que recaen sobre la sociedad derivados del tabaquismo y

29 Agencia Tributaria (2017). *Estadísticas. Estadísticas por impuesto. Impuestos especiales*. [Consultada el 26 de diciembre de 2017] en [http://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/La\\_Agencia\\_Tributaria/Memorias\\_y\\_estadisticas\\_tributarias/Estadisticas/Estadisticas\\_por\\_impuesto/Impuestos\\_especiales/Impuestos\\_especiales.shtml](http://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/La_Agencia_Tributaria/Memorias_y_estadisticas_tributarias/Estadisticas/Estadisticas_por_impuesto/Impuestos_especiales/Impuestos_especiales.shtml)

que no están en un principio reflejados en el precio de venta del tabaco<sup>30</sup>. Si fuese así, el impuesto buscaría adaptarse al coste de esas externalidades, lo cual justificaría una subida del tipo impositivo sobre el tabaco (dado que el descenso en las ventas hace necesario un aumento en el tributo para mantener constante la recaudación) siempre y cuando éste sirviese para ajustarse al coste de las externalidades, manteniendo la recaudación lo más proporcional posible a los costes.

Hipótesis 2: Por otro lado, el elevado impuesto sobre las labores del tabaco podría establecerse meramente con el objetivo de reducir el consumo de esta droga, lo cual haría que la recaudación por este tributo no tuviera que corresponderse necesariamente con los costes de las externalidades negativas del tabaco, sino que el impuesto aumentaría indefinidamente para no solo cubrir esos costes, sino llegar a evitarlos desincentivando el consumo de tabaco.

Esta monografía estudiará ambas hipótesis con datos reales de España entre 2011 y 2015, para así determinar cuál de las dos posibilidades se adecúa más al caso de nuestro país.

## **El impuesto sobre las labores del tabaco como medida correctiva de las externalidades negativas del consumo de tabaco**

Los efectos nocivos del tabaco sobre la salud son uno de los mayores ejemplos de externalidad negativa del consumo dado que no solo recaen sobre los propios fumadores, sino que afectan también a las personas de su alrededor que inhalan el humo. Así, los costes que debe afrontar la Administración Pública a costa del consumo de tabaco se pueden dividir en dos tipos: los gastos directos (coste del tratamiento de enfermedades derivadas del tabaquismo) y los gastos indirectos (costes provocados por otros efectos secundarios del consumo de tabaco).

Para comprobar si la recaudación por el impuesto sobre el tabaco se ajusta a los costes sanitarios que derivan de su consumo, se ha realizado un cálculo de los gastos hospitalarios y ambulatorios que, entre 2011 y 2015, han sido provocados por el tabaquismo. A través de los datos publi-

---

30 Cabrera Bautista, Andrés (2015). *Economía 1º Bachillerato*. Madrid: Ediciones SM. Savia Editorial. Págs. 320.

cados por el Ministerio de Sanidad<sup>31</sup>, se han recopilado las cifras necesarias (Tablas III y IV, y Apéndices I y II) para estimar este coste.

	Nº pacientes totales anuales	Coste Medio	Coste Total	% de pacientes provocados por el consumo de tabaco	Coste provocado por el consumo de tabaco
Psicosis	37065	9517	352747605	23,76	83812830,948
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	31054	3384	105086736	31,52	33123339,1872
Neoplasias respiratorias	18921	4961	93867081	27,72	26019954,8532
Trastornos de páncreas excepto neoplasia maligna	21917	4396	96347132	18,37	17698968,1484
Trastornos circulatorios con IAM sin compl. Mayores alta con vida	10626	3601	38264226	30,63	11720332,4238
Trastornos circulatorios excepto IAM, con cateterismo sin diagnóstico complejo	18562	2680	49746160	19,72	9809942,752
Enfermedad inflamatoria intestinal	7236	4968	35948448	25,93	9321432,5664
Cirrosis y hepatitis alcohólica	7919	4308	34115052	26,65	9091661,358

Tabla III. Nº pacientes totales, coste medio, coste total, y % de pacientes y coste total provocados por el tabaquismo en 2015 en los 10 diagnósticos de mayor gasto. Elaboración propia a partir de datos del Sistema Nacional de Salud (Ministerio de Sanidad).

Código	GRD IR	Número pacientes	Coste Medio	Coste total	% pacientes provocados por consumo de tabaco	Coste total provocado por consumo de tabaco
17	Enfermedades y desórdenes del sistema mieloproliferativo y neoplasmas pobremente diferenciados	297159	827,24	245821811,2	12,68	31170205,655
5	Enfermedades y desórdenes del sistema circulatorio	11303	984,6	11128933,8	100	11128933,8
4	Enfermedades y desórdenes del sistema respiratorio	22739	1115,2567	25359821,34	100	25359821,343

Tabla IV. Nº pacientes totales, coste medio, coste total, y % de pacientes y coste total provocados por el tabaquismo en 2015 en los grupos de diagnósticos ambulatorios. Elaboración propia a partir de datos del Sistema Nacional de Salud (Ministerio de Sanidad).

31 Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (2016). *Portal Estadístico del SNS*. [Consultada el 13 de noviembre de 2017] en <https://www.msssi.gob.es/estadEstudios/portada/home.htm>

El Sistema Nacional de Salud<sup>32</sup> español divide los diagnósticos hospitalarios (Grupos Relacionados por el Diagnóstico, o GRD) en más de 900 tipos, sobre los cuales publica las cifras anuales del número de pacientes y el coste medio de cada hospitalización. Además, publica las principales causas o factores que provocan cada enfermedad (entre los que están el *abuso de tabaco* y la *historia personal de uso de tabaco*), y el porcentaje de pacientes de esa enfermedad que deriva de cada una de las causas.

De esta forma, a partir de estos datos, se identificaron cuáles eran los diagnósticos hospitalarios y ambulatorios sobre los cuales el tabaquismo actuaba como causa principal o secundaria. A continuación, se calculó el coste provocado por el consumo de tabaco en cada uno de estos diagnósticos (es decir, la parte de los gastos de cada diagnóstico correspondiente a los pacientes ingresados a causa del tabaquismo) mediante el siguiente procedimiento, aplicándolo a cada diagnóstico en cada año (2011-2015):

$$\text{Pacientes provocados por tabaco} = \frac{\text{Porcentaje de pacientes provocados por tabaco} \times \text{Pacientes totales}}{100}$$

$$\text{Coste provocado por el tabaquismo} = \text{Pacientes provocadas por el tabaquismo} \times \text{Coste Medio del GRD}$$

Así se obtuvieron los datos reflejados en el Apéndice I, cuya muestra más significativa relativa al año 2015 se puede observar en la Tabla III. Para la estimación de los costes ambulatorios, el procedimiento fue similar, con la única variación de que en este caso los diagnósticos se agrupaban en grupos de enfermedades (neoplasmas, sistema circulatorio y sistema respiratorio), reduciendo la precisión de las cifras (Tabla IV y Apéndice II).

Una vez obtenidos estos datos de todos los años (2011 hasta 2015), se calculó el coste total ambulatorio y hospitalario que derivaba del consumo de tabaco, observando así la evolución de esta cifra a lo largo de los años (Gráfico I) para posteriormente relacionarla con la recaudación por el impuesto.

A pesar de que entre el elevado coste máximo de 2014 y la cifra mínima de 2013 se presentan más de 100 millones de euros de distancia, se puede afirmar que la evolución de estos costes sanitarios es relativamente constante, dado que no existe ningún patrón de crecimiento o decrecimiento fijo en este intervalo de años.

---

32 Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (2016). *Portal Estadístico del SNS*. [Consultada el 13 de noviembre de 2017] en <https://www.msssi.gob.es/estadEstudios/portada/home.htm>

### Costes Sanitarios directos provocados por el consumo de tabac

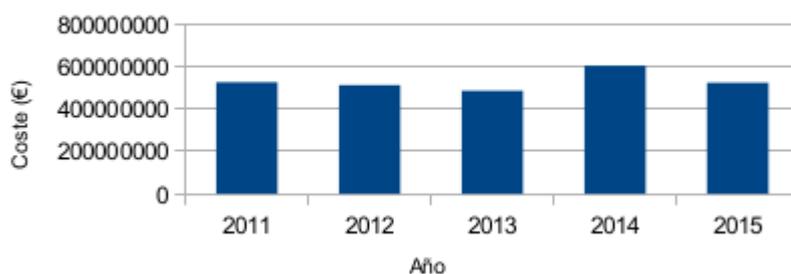


Gráfico 1: Evolución de los costes sanitarios directos (hospitalarios y ambulatorios) provocados por el consumo de tabaco. Elaboración propia a partir de datos del Sistema Nacional de Salud (Ministerio de Sanidad).

Así, en este caso, las cifras extremas de 2013 y 2014 no tienen ninguna explicación objetiva más allá de una casual subida de precios y pacientes. Sin embargo, esta evolución de los costes sanitarios evidencia algo muy relevante para sacar conclusiones en esta investigación: la disminución del tabaquismo no reduce el coste de las externalidades externas negativas de su consumo (tratamiento de enfermedades) a corto plazo. A pesar de que el número de fumadores se ha reducido bruscamente entre 2011 y 2015 (más de un 6% de la población española declara haber dejado de fumar durante este quinquenio<sup>33</sup>), el número de personas diagnosticadas con una enfermedad derivada del consumo de tabaco no se ha reducido proporcionalmente (Gráfico II), dado que estos diagnósticos no son provocados solamente por el *abuso de tabaco*, sino también por el *historial personal de consumo de tabaco*.

Nº pacientes hospitalarios provocados por el consumo de tabaco

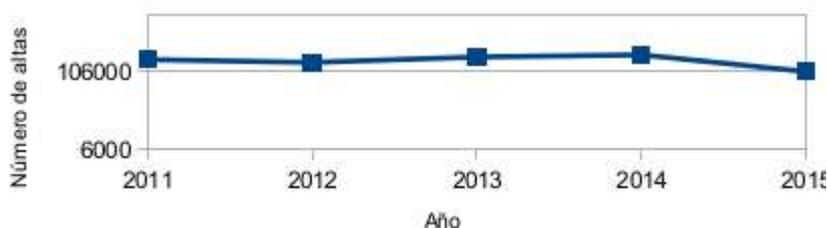


Gráfico 2: Evolución del número de pacientes hospitalarios provocados por el consumo de tabaco. Elaboración propia a partir de datos del Sistema Nacional de Salud.

33 Instituto Nacional de Estadística (2016). *Sociedad. Salud*. [Consultada el 28 de diciembre de 2017] en [http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica\\_P&cid=1254735573175](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=1254735573175)

Esto demuestra que, en el caso de que el impuesto sobre el tabaco se imponga principalmente con la intención de cubrir el gasto médico de estas enfermedades, está justificado que este tributo no se haya reducido en los últimos años, dado que los costes no han sido menores y era necesario subir el impuesto para intentar mantener la recaudación a pesar del descenso de las ventas (Gráfico III).

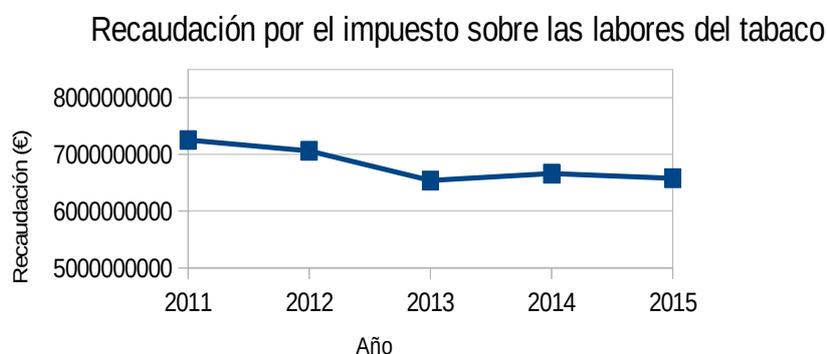


Gráfico 3. Evolución de la recaudación por el impuesto sobre las labores del tabaco en España. Elaboración propia a partir de Informes Anuales de la Agencia Tributaria.

Sin embargo, al estudiar las cifras recaudadas por el Estado a través de este impuesto en los últimos años (Gráfico III), se observa que la recaudación media anual entre 2011 y 2015 es de 6.819.382.600€<sup>34</sup>, una cifra muy superior al coste medio anual que suponen las enfermedades derivadas del tabaquismo (531.662.770€, según Gráfico I). Esto significa que los impuestos sobre el tabaco necesariamente deben tener otros objetivos además del de cubrir los gastos de estas externalidades negativas, dado que la recaudación por el tributo es superior a estos costes.

Aún así, se podría justificar la elevada recaudación obtenida por este impuesto con el argumento de que el tabaquismo no solo provoca enfermedades en aquellos que lo consumen (a causa del “Abuso de tabaco”, según el SNS<sup>35</sup>) o lo han consumido (a causa de la “Historia personal de abuso de tabaco”, según el SNS<sup>36</sup>), sino que también tiene efectos nega-

34 Agencia Tributaria (2017). *Estadísticas. Estadísticas por impuesto. Impuestos especiales*. [Consultada el 26 de diciembre de 2017] en [http://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/La\\_Agencia\\_Tributaria/Memorias\\_y\\_estadisticas\\_tributarias/Estadisticas/Estadisticas\\_por\\_impuesto/Impuestos\\_especiales/Impuestos\\_especiales.shtml](http://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/La_Agencia_Tributaria/Memorias_y_estadisticas_tributarias/Estadisticas/Estadisticas_por_impuesto/Impuestos_especiales/Impuestos_especiales.shtml)

35 Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (2016). *Portal Estadístico del SNS*. [Consultada el 13 de noviembre de 2017] en <https://www.msssi.gob.es/estadEstudios/portada/home.htm>

36 Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (2016). *Portal Estadístico del SNS*.

tivos sobre el resto de la población, a causa del denominado HAT (Humo Ambiental de Tabaco).

Para comprobar si esta hipótesis es factible, se debe observar la evolución del número de personas expuestas al HAT en los últimos años (Gráfico IV), apreciando así si la influencia de los impuestos sobre esta evolución es suficientemente significativa como para afirmar que reducir la exposición de la población al HAT es una de las intenciones principales de este tributo.

Al estudiar esta evolución (Gráfico IV), observamos que efectivamente la proporción de población expuesta al HAT más de cinco horas al día ha disminuido (pasando del 3,3% en 2009 al 2,28% en 2014) mientras que la población no expuesta ha aumentado más del 5%. Sin embargo, el hecho de que el cambio más brusco se produzca en el año 2011 evidencia como esta evolución de la exposición al HAT no se debe al aumento del impuesto sobre el tabaco, sino a la aprobación en 2011 de una nueva Ley Antitabaco que prohibía fumar en espacios públicos<sup>37</sup>.

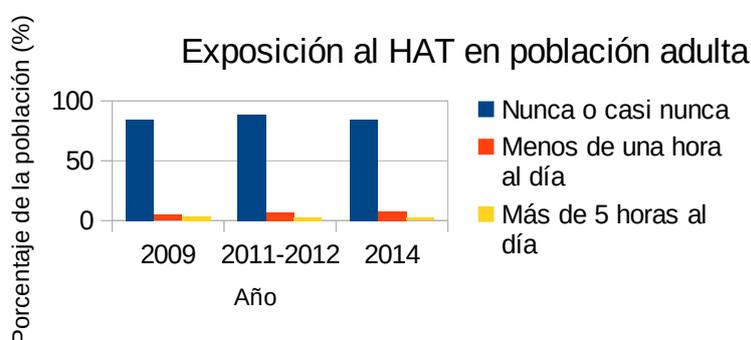


Gráfico 4. Evolución del porcentaje de la población total adulta española expuesta al Humo Ambiental de Tabaco durante distintos periodos de tiempo diarios. Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística.

Teniendo en cuenta que el coste sanitario de los diagnósticos provocados por tabaquismo no es proporcional a la recaudación obtenida por el impuesto sobre su consumo, y considerando también el hecho de que el grado de exposición al HAT de la población no se está regulando mediante este impuesto sino a través de leyes y decretos, se puede afirmar que la intención principal del tributo sobre el tabaco no es compensar las externalidades negativas derivadas de su consumo, dado que la re-

[Consultada el 13 de noviembre de 2017] en <https://www.msssi.gob.es/estadEstudios/portada/home.htm>

37 Ley 42/2010, de 30 de diciembre, por la que se modifica la Ley 28/2005, de 26 de diciembre, de medidas sanitarias frente al tabaquismo y reguladora de la venta, el suministro, el consumo y la publicidad de los productos del tabaco. BOE núm. 318 (2010).

caudación tributaria es mucho mayor a estos costes. Si además se tienen en cuenta los costes que se ahorran por las pensiones de aquellas personas que fallecen de forma precoz a causa del tabaquismo<sup>38</sup>, es evidente que el elevado impuesto sobre el tabaco no puede tener únicamente un objetivo correctivo de estas externalidades.

## **El impuesto sobre las labores del tabaco como medida preventiva de las externalidades negativas del consumo de tabaco**

Tras haber evidenciado con datos reales que la recaudación por el impuesto del tabaco compensa en muy alta medida los gastos que se derivan de las externalidades negativas de su consumo, verificando así que el tributo no es una estrategia únicamente correctiva de estas externalidades, cabe deducir que existe un objetivo mayor para estos impuestos: reducir el consumo de tabaco y prevenir así las externalidades negativas que éste provoca.

La curva de la demanda de cigarrillos (Gráfico V), que refleja la capacidad de compra de este producto a distintos niveles de precios *Ceteris paribus*<sup>39</sup>, evidencia el brusco efecto del aumento del PVP de los cigarrillos sobre la demanda de estos. Al subir el PVP, a causa principalmente del aumento del impuesto especial aplicado al tabaco, el número de cajetillas vendidas anualmente se reduce de forma drástica, lo cual refleja que la demanda de cigarrillos es muy susceptible a los cambios en el precio de estos.

---

38 Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (2017). *Muertes atribuibles al consumo de tabaco en España, 2000-2014*. Madrid: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Pág. 15. Versión virtual en <https://www.msssi.gob.es/estadEstudios/estadisticas/estadisticas/estMinisterio/mortalidad/docs/MuertesTabacoEspana2014.pdf>

39 Cabrera Bautista, Andrés (2015). *Economía 1º Bachillerato*. Madrid: Ediciones SM. Savia Editorial. Págs. 320.

### Curva de la demanda de la venta de cigarrillos en España durante la última década

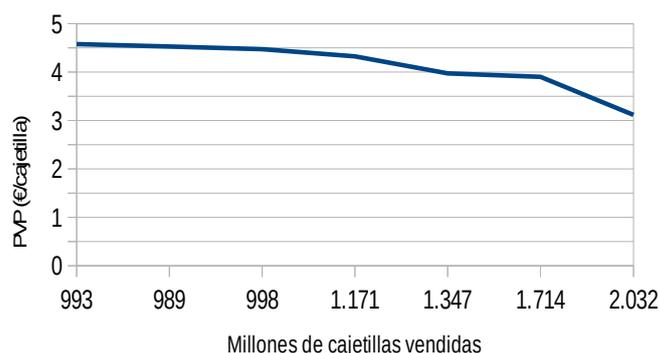


Gráfico 5. Curva de la demanda de cigarrillos en España durante la última década, reflejando el número de cajetillas vendidas anualmente en relación al PVP de éstas. Elaboración propia a partir de Informes Anuales de la Agencia Tributaria.

Como muestra el Gráfico VI, el descenso en las ventas de tabaco es proporcional al aumento de su precio (al menos en el intervalo de años estudiados), dado que las bajadas más bruscas se producen entre 2011 y 2013 a causa de que el PVP aumenta de 3,975€ a 4,475€. La evolución en las ventas de tabaco reflejada en los Gráficos V y VI evidencia que la demanda de este producto es muy elástica, dado que se presenta una curva bastante horizontal. Así, una pequeña variación en el PVP del tabaco desencadena una mayor variación de las ventas.

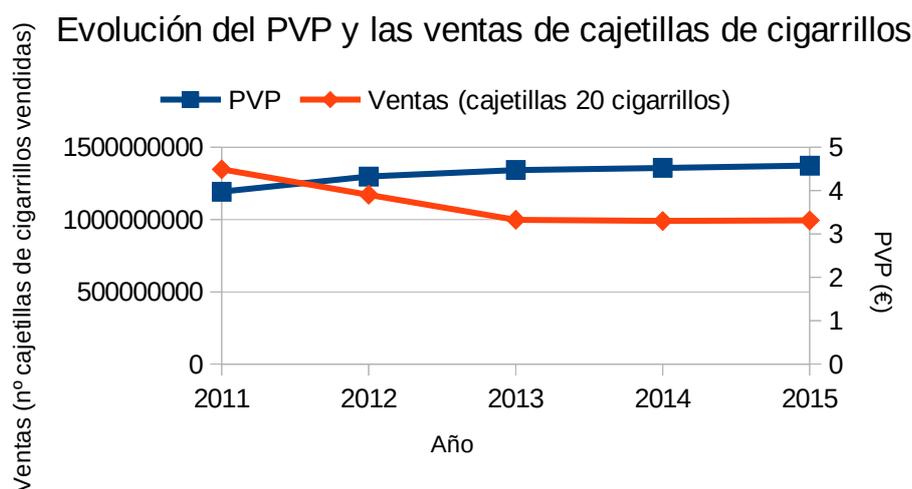


Gráfico 6. Evolución del PVP y del número de cajetillas de 20 cigarrillos vendidas entre 2011 y 2015. Elaboración propia a partir de Informes Anuales de la Agencia Tributaria.

Para comprobar cuál ha sido la cifra exacta de la elasticidad-precio de la demanda de tabaco durante el quinquenio 2011-2015 se debe realizar el siguiente cálculo matemático:

$$E_{P/D} = \frac{\frac{\Delta Q}{Q_i} \cdot \frac{Q_f - Q_i}{Q_i}}{\frac{\Delta P}{P_i}} = \frac{Q_f - Q_i}{P_f - P_i} \cdot \frac{P_i}{Q_i}, \text{ donde}$$

$E_{P/D}$  = Elasticidad-precio de la demanda  
 $\Delta Q$  = Variación de las ventas  
 $Q_i$  = Ventas iniciales  
 $\Delta P$  = Variación del precio  
 $P_i$  = Precio inicial

Aplicando esta fórmula, obtenemos el valor de la elasticidad-precio de la demanda de tabaco (Tabla V). Dado que la pendiente de la curva de la demanda es siempre negativa, la elasticidad-precio será también menor que 0, por lo que se debe tomar el valor absoluto. Así, la elasticidad-precio de la demanda de tabaco es de 1'74, de forma que (sabiendo que toda demanda cuya elasticidad sea superior a 1 se considera elástica) se demuestra que esta es una demanda muy elástica.

Año	Ventas (cajetillas 20 cigarrillos)	PVP	$\Delta Q$	$\Delta P$	$E_{P/D}$
2011	1.347.324.920	3,975			
2015	993311732	4,575	-0,26275265	0,1509433962	-1,74073628

Tabla 2. Número de cajetillas de cigarrillos vendidas y su PVP en 2011 y 2015, variación de las ventas y del precio entre ambos años, y elasticidad-precio de la demanda de tabaco en este periodo. Elaboración propia a partir de Informes Anuales de la Agencia Tributaria.

Con esto se puede concluir con seguridad que, a través de los impuestos sobre el tabaco y el aumento del PVP del tabaco que estos provocan, se logra satisfactoriamente reducir las ventas de este producto de forma rápida (el número de cajetillas vendidas se ha reducido en más de 300 millones de unidades en los últimos 5 años, según los datos del Gráfico VI) y eficaz, de manera que es factible que este sea el objetivo principal del tributo sobre el tabaco.

Para verificar esto, se debe tener también en cuenta el efecto del aumento de precio del tabaco, no solo sobre las ventas, sino también sobre el número de consumidores. Así, observaremos si el descenso del número de cajetillas vendidas se debe a una reducción del número de consumidores o de la cantidad de tabaco que estos consumen.

### Fumadores diarios en España

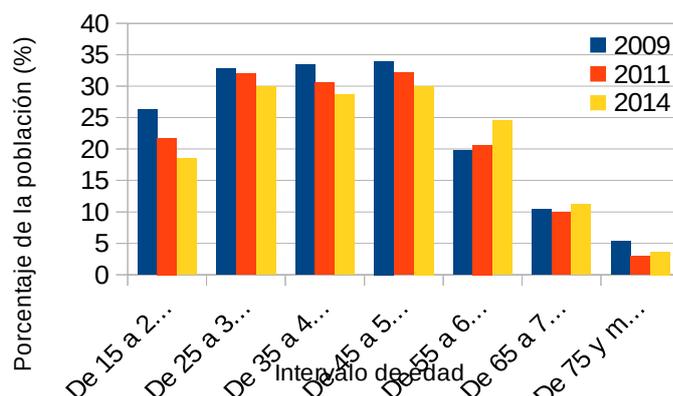


Gráfico 3I. Evolución de la proporción de la población española que consume tabaco a diario en 2009, 2011 y 2014. Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística.

En los últimos años, la proporción de fumadores diarios en España se ha reducido en gran medida entre la población más joven (Gráfico VII), mientras que entre las personas mayores de 55 años este porcentaje ha crecido progresivamente a causa del aumento de la proporción de población española mayor de 55 años (envejecimiento de la población). Aún así, el brusco descenso del número de fumadores diarios menores de 25 años (provocado, en parte, por su mayor susceptibilidad a las subidas de precios) está logrando que, en conjunto, haya hoy en día casi un 5% menos de personas que fuman a diario en España<sup>40</sup>. Con esto, podemos afirmar que el impuesto sobre el tabaco está evitando que muchos jóvenes comiencen a fumar, a la vez que obliga a muchos consumidores adultos a abandonar este consumo o, por lo menos, a reducir la cantidad consumida.

## Conclusión

Con todo lo estudiado en esta investigación, se pueden extraer diversas conclusiones acerca de cuál es realmente la intención principal del impuesto sobre las labores del tabaco en España.

Por un lado, no se puede evidenciar que el objetivo que se persigue con este tributo sea solamente cubrir las externalidades negativas del tabaquismo dado que, si el propósito prioritario fuese este, no sería necesario establecer tasas impositivas tan altas.

40 Agencia Tributaria (2017). *Estadísticas. Estadísticas por impuesto. Impuestos especiales*. [Consultada el 26 de diciembre de 2017]

Descartando esta intención como propósito único del impuesto, la opción de que este tributo se fije también con el objetivo de reducir el consumo de tabaco resulta más factible. Esto se debe a que las subidas de los tipos impositivos en los últimos años se corresponden de forma más proporcional con la evolución de las ventas de tabaco y del número de consumidores, evidenciando la efectividad del impuesto para este objetivo y justificando la necesidad de seguir aumentando progresivamente este tributo para mantener lo conseguido y continuar reduciendo el consumo de tabaco, previniendo así futuras externalidades negativas derivadas de ello.

Así, en respuesta a la pregunta de investigación planteada, esta monografía permite evidenciar que el impuesto sobre el tabaco tiene como efecto principal, más allá de la compensación de los costes de las externalidades negativas del tabaquismo, la reducción del consumo de esta droga.

Aún así, se debe tener en cuenta que esta investigación se ve limitada por el hecho de que únicamente son objeto de estudio los cinco últimos años cuyos datos y análisis estadísticos sobre este campo han sido ya publicados, de forma que no se pueden observar algunos efectos a largo plazo de este impuesto que serían muy relevantes.

Por otro lado, el hecho de que en este estudio se considere el aumento del PVP del tabaco como la única causa del descenso de su consumo condiciona la validez de los resultados, dado que existen otros factores (sociales, educativos, publicitarios...) que no se han podido tener en cuenta pero que tienen también una fuerte influencia sobre la evolución del tabaquismo.

Además, sería conveniente abrir una nueva línea de investigación para analizar la evolución del contrabando de tabaco, estudiando si la reducción del tabaquismo legal no se debe realmente a la efectividad del tributo sino al auge del contrabando ilegal.

## Bibliografía

### Artículos

- Agencia EFE (2009). *Aumenta más del 60% el consumo de tabaco de liar*. RTVE Ciencia y Tecnología. Versión virtual en <http://www.rtve.es/noticias/20090829/aumenta-mas-del-60-consumo-tabaco-liar/290417.shtml>
- Ansede, Manuel (2015). *El tabaco mata a 166 hombres y 40 mujeres cada día en España*. El País Salud Pública. Versión virtual en

[https://elpais.com/elpais/2015/06/09/ciencia/1433871046\\_464255.html](https://elpais.com/elpais/2015/06/09/ciencia/1433871046_464255.html)

- Espiño, Isabel (2004). *Fumar acorta la vida una década*. El Mundo Salud. Versión virtual en [http://www.elmundo.es/elmundosalud/2004/06/22/salud\\_personal/1087925568.html](http://www.elmundo.es/elmundosalud/2004/06/22/salud_personal/1087925568.html)
- Gutiérrez Abejón, Eduardo (2015). *Impacto del consumo de tabaco sobre la mortalidad en España en el año 2012*. Medicina clínica. 145 (12). 520-525.
- Montalbán, Erik (2011). *Los impuestos del tabaco cubren los gastos de Fomento, Sanidad e Industria*. La Razón. Versión virtual en [http://www.larazon.es/historico/4443-los-impuestos-del-tabaco-dan-para-cubrir-los-gastos-de-fomento-sanidad-e-industria-SLLA\\_RA-ZON\\_356002](http://www.larazon.es/historico/4443-los-impuestos-del-tabaco-dan-para-cubrir-los-gastos-de-fomento-sanidad-e-industria-SLLA_RA-ZON_356002)

### **Decretos y leyes**

- *LEY 28/2005, de 26 de diciembre, de medidas sanitarias frente al tabaquismo y reguladora de la venta, el suministro, el consumo y la publicidad de los productos del tabaco*. BOE núm. 309 (2005).
- *Ley 42/2010, de 30 de diciembre, por la que se modifica la Ley 28/2005, de 26 de diciembre, de medidas sanitarias frente al tabaquismo y reguladora de la venta, el suministro, el consumo y la publicidad de los productos del tabaco*. BOE núm. 318 (2010).
- *Real Decreto - Ley 7/2013, de 28 de junio, de medidas urgentes de naturaleza tributaria, presupuestaria y de fomento de la investigación, el desarrollo y la innovación*. BOE núm. 155 (2013).
- *Real Decreto - Ley 20/2012, de 13 de julio, de medidas para garantizar la estabilidad presupuestaria y de fomento de la competitividad*. BOE núm. 168 (2012).

### **Libros, tesis y estudios**

- Cabrera Bautista, Andrés (2015). *Economía 1º Bachillerato*. Madrid: Ediciones SM. Savia Editorial. Págs. 320.
- Kip Viscusi, W. (1994). *Cigarette taxation and the social consequences of smoking*. Massachusetts: National Bureau of Economic Research Working Paper Series. Número 4891. Versión virtual en <http://www.nber.org/papers/w4891.pdf>
- Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (2017). *Muertes atribuibles al consumo de tabaco en España, 2000-2014*. Madrid: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Págs. 53. Versión

virtual en <https://www.msssi.gob.es/estadEstudios/estadisticas/estadisticas/estMinisterio/mortalidad/docs/MuertesTabacoEspana2014.pdf>

- Organización Mundial de la Salud (2014). *Aumentar los impuestos sobre el tabaco – Lo que hay que saber*. Ginebra: Ediciones de la OMS, págs. 16. Versión virtual en [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112851/1/WHO\\_NMH\\_PND\\_14.2\\_spa.pdf?ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112851/1/WHO_NMH_PND_14.2_spa.pdf?ua=1)

### Bases de datos

- Agencia Tributaria (2017). *Estadísticas*. [Consultada el 22 de diciembre de 2017] en [http://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/La\\_Agencia\\_Tributaria/Memorias\\_y\\_estadisticas\\_tributarias/Estadisticas/Estadisticas.shtml](http://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/La_Agencia_Tributaria/Memorias_y_estadisticas_tributarias/Estadisticas/Estadisticas.shtml)
- Agencia Tributaria (2017). *Estadísticas. Estadísticas por impuesto. Impuestos especiales*. [Consultada el 26 de diciembre de 2017] en [http://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/La\\_Agencia\\_Tributaria/Memorias\\_y\\_estadisticas\\_tributarias/Estadisticas/Estadisticas\\_por\\_impuesto/Impuestos\\_especiales/Impuestos\\_especiales.shtml](http://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/La_Agencia_Tributaria/Memorias_y_estadisticas_tributarias/Estadisticas/Estadisticas_por_impuesto/Impuestos_especiales/Impuestos_especiales.shtml)
- Instituto Nacional de Estadística (2018). *INEbase*. [Consultada el 3 de enero de 2018] en <http://www.ine.es/dyngs/INEbase/listaoperaciones.htm>
- Instituto Nacional de Estadística (2018). *INEbase. Índice de Precios de Consumo. Base 2016. Medias anuales*. [Consultada el 5 de enero de 2018] en <http://www.ine.es/dyngs/INEbase/listaoperaciones.htm>
- Instituto Nacional de Estadística (2016). *Sociedad. Salud*. [Consultada el 28 de diciembre de 2017] en [http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica\\_P&cid=1254735573175](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=1254735573175)
- Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (2016). *Conjunto Mínimo Básico de Datos – Ambulatorio (CMBD AAE). Grupos Relacionados por el Diagnóstico – GRD (SNS). Informes CMBD AAE: Estadísticos de referencia de los GRD. Informes anuales*. [Consultada el 22 de octubre de 2017] en <http://pestadistico.inteligenciadegestion.msssi.es/publicoSNS/comun/ArbolNodos.aspx?idNodo=22114>
- Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (2016). *Conjunto Mínimo Básico de Datos – Hospitalización (CMBD-H). Grupos Relacionados por el Diagnóstico – GRD (SNS). Informes CMBD: Estadísticos de referencia de los GRD. Informes anuales*. [Consultada el 22 de

octubre de 2017] en <http://pestadistico.inteligenciadegestion.msssi.es/publicoSNS/comun/ArbolNodos.aspx?idNodo=22111>

- Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (2016). *Portal Estadístico del SNS*. [Consultada el 13 de noviembre de 2017] en <https://www.msssi.gob.es/estadEstudios/portada/home.htm>

### **Webgrafía**

- Altadis (2012). *Fiscalidad del tabaco*. [Consultada el 30 de diciembre de 2017] en <http://www.altadis.com/prensa-fiscalidad-tabaco.php>
- Geraldino, Sara (2009). *Tabaco: Droga Legal*. Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laborales. [Consultada el 13 de diciembre de 2017] en [http://www.inpsasel.gob.ve/moo\\_news/Prensa\\_360.html](http://www.inpsasel.gob.ve/moo_news/Prensa_360.html)
- Precio Tabaco (2011). *Impuestos del tabaco en España*. [Consultada el 5 de diciembre de 2017] en <https://www.preciotabaco.com/impuestos-tabaco-espana>

*La arquitectura del sonido. ¿Hasta qué punto la elección de los diferentes materiales y formas incluidos en el interior de un auditorio influyen en su acústica?*

*Laura Herrera Alarcón*



*“La arquitectura es una música de piedras  
y la música, una arquitectura de sonidos”.*

Beethoven

### ***Agradecimientos***

A mi familia por darme fuerzas y creer en mí, en especial a mi madre por su ayuda y apoyo durante este largo proceso.

Agradecer a mis profesores del IES Rosa Chacel, en especial a mi tutor de monografía Alberto, a Fernando por abrirme el mundo de la física y a mis profesores de música por mostrarme una forma de expresión diferente.

A la Casa de la Juventud de Colmenar Viejo y a Miguel por permitirme realizar el experimento en sus instalaciones y mostrar su amabilidad en todo momento.

Por último, dar gracias a mis compañeros de clase y amigos por darme ilusión y felicidad los días difíciles.

## **Introducción**

La música y la arquitectura han estado relacionadas en numerosas ocasiones, pues el sonido es un fenómeno muy amplio que nos afecta diariamente. Ante la necesidad de crear espacios cerrados en los que poder usar la música como forma de expresarse, surgieron los auditorios. Muchos arquitectos se mantienen interesados por estos edificios. Sin embargo, la música y la arquitectura no son las únicas disciplinas que estudian el sonido, la física nos ayuda a entender numerosas características que nos permiten mejorar estos espacios.

Personalmente siempre he sentido devoción por la música. Al ser pianista, los auditorios siempre han sido un lugar que me agradan y, por ello, comencé a plantearme cuáles eran los distintos estudios que había que realizar para construir un nuevo auditorio, encontrándome con un gran debate: ¿Es más importante la estética o la función de un auditorio? Se abrió ante mí una nueva disciplina de la física, la acústica musical. Comencé a documentarme sobre la arquitectura y las cualidades del sonido, llegando a formularme preguntas como ¿cómo se logra combinar los objetivos y las prioridades tanto musicales como visuales? ¿qué características de un auditorio influyen en su acústica?

Finalmente decidí centrar mi pregunta de investigación: ¿Hasta qué punto la elección de los diferentes materiales y formas incluidos en el interior de un auditorio influyen en su acústica?

Para entender los tipos de sonido que se pueden generar y su comportamiento, es necesario entender su naturaleza física. Con esto llegamos al concepto de acústica arquitectónica, que definiré más adelante en el fundamento teórico.

Me basaré en la física de las ondas, siendo necesario conocer las principales características sobre las ondas y los fenómenos sonoros. Es imprescindible saber que el sonido no llega al receptor sólo por vía directa, sino que también se percibe mediante la reflexión y refracción del sonido. Podemos llegar a considerar el propio auditorio como un espacio que encierra melodías y puede llegar a amplificar con suma perfección cada instrumento.

Esta monografía estará dirigida hacia la arquitectura del sonido, llegando, a través de la física, a la relación que existe entre el sonido y los distintos materiales y las distintas formas que caracterizan un auditorio.

Con este trabajo mi intención es proporcionar una primera visión sobre esta disciplina y animo a iniciar el estudio de obras más completas y profundas.

## Fundamento teórico

Antes de comenzar, es necesario entender algunos principios básicos que nos ayuden a determinar cómo se ve afectada la acústica de un auditorio.

Definimos sonido como “una fluctuación de presión, [percibida por nuestro oído], en el seno del aire” (Agulló, 1998, p. 82). Al vibrar un cuerpo, produce una alteración mecánica en un medio elástico, en este caso el aire, propagándose por el mismo. Las partículas sometidas a la vibración realizan un movimiento armónico simple. El sonido es una onda que se caracteriza por un periodo, una frecuencia, una longitud y una amplitud de onda.

Existen distintos tipos de sonido. Los sonidos puros están formados por una sola frecuencia, pero existen sonidos más complejos generados por la superposición de varias frecuencias, como los armónicos, los no-armónicos o los distintos tipos de ruido. Nos centraremos en los sonidos armónicos, es decir, aquellos compuestos por “una frecuencia fundamental (tono) y una serie de frecuencias múltiplos de ésta (armónicos o sobretonos). Los armónicos a su vez son los que generan el timbre característico de un sonido y nos permite diferenciar la fuente de la que proviene” (Agulló, 1998, p.93). La representación gráfica de las ondas de sonido y su descomposición en frecuencias se llama espectro frecuencial. Existe una herramienta matemática muy potente (Transformada de Fourier) que nos permite descomponer una función determinada en un conjunto de funciones armónicas, pudiendo relacionar las frecuencias de las ondas y sus correspondientes amplitudes. Las gráficas incluidas en las siguientes páginas serán de este tipo y nos ayudarán a comparar la influencia de los distintos materiales y formas en la propagación de las ondas.

En cuanto a las cualidades del sonido, distinguimos la altura, la intensidad y el timbre. Puesto que la intensidad nos permite distinguir sonidos con mayor o menor volumen (depende de la amplitud de la onda) y el timbre nos permite distinguir sonidos de igual frecuencia e intensidad (depende de los armónicos que acompañan a la frecuencia fundamental), éstas serán las características más utilizadas y mencionadas a lo largo de la investigación. Debemos saber que el nivel de intensidad sonora ( $\beta$ ) es

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ (dB)} \quad I = I_0 \cdot 10^{\frac{\beta}{10}}$$

$I_0$  es la intensidad umbral, la intensidad mínima audible por el oído humano, en el caso del aire,  $10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ .

El timbre nos permite diferenciar dos ondas con la misma frecuencia y la misma intensidad, y es un aspecto fundamental en la acústica de un auditorio, ya que se verá influido por la modificación de los armónicos.

Por último, encontramos la resonancia, un fenómeno que ocurre cuando un sistema capaz de vibrar es sometido a una perturbación coincidente con su frecuencia natural de vibración. Su amplitud incrementará progresivamente mientras actúe la fuerza perturbadora. Cuando el sonido se refleja, los armónicos resuenan con más intensidad. Aparecerán, por tanto, ondas estacionarias, poniéndose en manifiesto un sonido similar a la frecuencia de esta onda. En las salas pequeñas, este tercer elemento afecta a la calidad acústica, sobre todo con las frecuencias más bajas. Para esta investigación será una de las propiedades más importantes de las ondas y nos ayudará a explicar algunos hechos. Para que exista este fenómeno, debe producirse una interferencia constructiva y para ello el espacio debe tener una dimensión

$$L = \frac{\lambda}{2} \cdot n$$

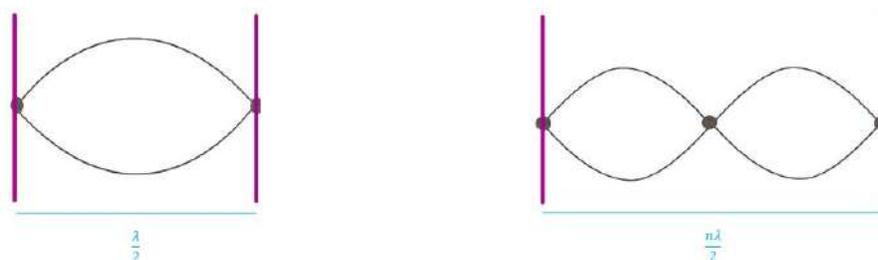


Imagen 1: Longitud necesaria para que se produzca resonancia

donde  $L$  es la longitud de la caja (m),  $\lambda$  es la longitud de onda (m) y  $n$  es un número entero que nos permite calcular las frecuencias múltiplo. De esta forma

$$\frac{2L}{n} = \frac{v}{f}$$

$$f = \frac{v}{2L} \cdot n$$

$f$  es la frecuencia de resonancia (Hz) y  $v$  es la velocidad del sonido en el aire ( $\text{ms}^{-1}$ ). Los cálculos de la frecuencia de resonancia del experimento están incluidos en el análisis.

## La acústica arquitectónica

Se centra en el estudio de fenómenos vinculados con la propagación del sonido en un recinto (sala de conciertos). Esto no solo implica algunas de las propiedades de las ondas sonoras, sino que también implica el problema del aislamiento y del propio acondicionamiento acústico (Acústica, 1995).

Como propiedades de las ondas sonoras, estudiaremos aquellas que más tarde nos van a ser útiles.

En primer lugar, encontramos la reflexión, es decir, el cambio de dirección que experimentan las ondas dentro de un mismo medio al incidir sobre un obstáculo. *“En el caso de los auditorios, tanto las paredes como el techo producen este efecto (imprescindible a la hora de determinar la calidad de un recinto cerrado). Es importante entender que la reflexión no cambia la longitud de la onda, por lo que tampoco se ve modificada su frecuencia”* (Armstrong ceilings, 2018).

La absorción será el proceso contrario, las ondas sonoras chocan con materiales cuyo coeficiente de reflexión es bajo (alto coeficiente de absorción). El sonido será extinguido cuando la parte reflejada sea demasiado débil para ser audible. Podemos determinar si el sonido ha sido absorbido o reflejado en su mayoría

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

siendo  $I_0$  (dB) la intensidad incidente,  $I$  (dB) la intensidad transmitida,  $\alpha$  el coeficiente de absorción del medio y  $x$  (m) la distancia que recorre la onda.

La difracción se puede definir como el cambio de dirección que experimentan las ondas cuando se encuentran un obstáculo o una abertura de un tamaño comparable o menor que su longitud de onda. Es importante tener en cuenta este fenómeno, pues implica que el sonido llegue al receptor desde diferentes direcciones.

## Metodología de la investigación

### Pruebas previas

Una vez conocidos los principios básicos de las ondas sonoras y sus propiedades más significativas, podemos comenzar a analizar los efectos

de los materiales y las formas. Puesto que en un auditorio existen muchas variables que no podemos controlar, he optado por realizar un experimento a través del cual pueda extraer información de la incidencia real en el timbre y la intensidad de un sonido. Con ello podremos extrapolar los resultados a un auditorio real.

Para ello diseñamos un prototipo que nos permitía variar tanto los materiales como algunas formas, pudiendo así, comparar sus distintos efectos en la acústica arquitectónica.

Me propuse construir una estructura que nos permitiese variar estos factores, al mismo tiempo que reproducíamos con un pequeño dispositivo (una grabadora) el sonido. Utilizando un micrófono situado a una determinada distancia, recogería el sonido y con ayuda de un programa digital, obtendría los datos.

Primero tuve que seleccionar los materiales y las formas que quería variar. Decidí utilizar una caja de madera como soporte principal, puesto que considero que un cubo es la forma más básica del escenario de un auditorio. Mediante el montaje que se muestra a continuación, fui fijando los distintos materiales de manera que se asemejaran al telón de un auditorio y no pudiesen vibrar, ya que produciría un efecto sonoro diferente.

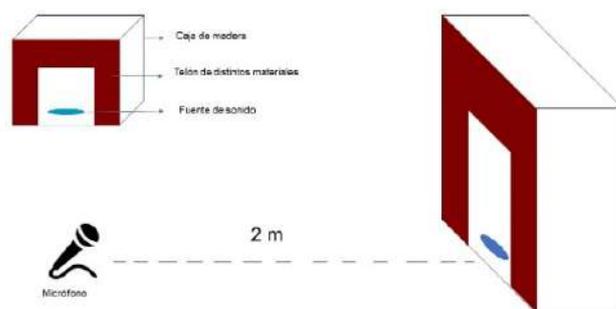


Imagen 2: Esquema del montaje realizado

En la vida real no emplearíamos una plancha de metal como telón, pero creo que esta forma era la más acertada para obtener datos semejantes a la realidad. Los materiales utilizados fueron planchas de madera, metal, plástico (materiales básicos en la construcción), cartón pluma (debido a su semejanza con el aislante) y tela (se incluye en los telones, las butacas y en numerosos elementos dentro de un auditorio).

Para variar la forma, utilicé un cuenco del mismo volumen que la caja (puesto que si no podría ser un factor influyente), teniendo así dos formas distintas (cóncava y convexa). Estas dos formas son muy utiliza-

das en los auditorios, que en su mayoría incluyen una cúpula o un palco con forma circular.

El micrófono, de modelo *Sennheiser E835*, se situó a dos metros de la fuente de sonido, reproducida con una grabadora de modelo *Olympus vn-540pc*. El micrófono se conectó a una mesa de mezclas que a su vez se conectó al ordenador. Esto me permitió realizar las medidas definitivas en una sala insonorizada de grabación. Las primeras medidas, tomadas en una habitación sin insonorizar fueron descartadas ya que contenían fallos asociados a ruidos externos que no podía controlar.

El sonido inicialmente utilizado para realizar las medidas era una grabación de la afinación<sup>41</sup> de un violín. Sin embargo, puesto que no era posible determinar con exactitud las frecuencias (incluyendo los armónicos) que estaban sonando, decidí crear mi propio sonido. Para ello utilicé el programa *Audacity* el cual me permitió crear un sonido seleccionando las frecuencias incluidas y la amplitud (0-1) con las que sonaban. El tono principal sería 440 Hz, correspondiente con un La natural, puesto que es la nota básica de afinación. A esta frecuencia se le asoció una amplitud de 1 (máximo valor). Además, se incluyeron los 10 primeros armónicos con una amplitud de 0,4, cuya frecuencia se calcula

$$n \cdot f = F$$

Siendo  $n$  el número de armónico,  $f$  la frecuencia fundamental y  $F$  la frecuencia del armónico correspondiente.

Nº de armónico	Frecuencia (Hz)
1	880
2	1320
3	1760
4	2200
5	2640
6	3080
7	3520
8	3960
9	4400
10	4640

Tabal 1: frecuencias armónicos

La combinación de los armónicos y el tono principal dio lugar al sonido utilizado en todo momento. El programa nos permitió exportarlo a mp3 para poder traspasarlo a la grabadora que utilizamos como emisor.

---

41 Afinación: proceso mediante el cual se ajusta el tono de un sonido hasta llegar al deseado (común en instrumentos musicales)

En este proceso, se pudo perder parte de la información puesto que involuntariamente añadimos una cantidad de ruido importante.

Utilicé este mismo programa para digitalizar el sonido recogido, siendo necesario muestrearlo para convertir la información que recibe el micrófono a digital. *“Tal y como explica el teorema de Nyquist la frecuencia de muestreo<sup>42</sup> debe ser superior al doble de la máxima frecuencia que incluya este sonido para poder replicar con exactitud la forma de la onda”* (Teorema de Nyquist o teorema de muestreo, 2016). Puesto que la frecuencia máxima que iba a ser emitida era de 4840 Hz, el programa seleccionó una frecuencia de muestreo de 44100Hz con una profundidad de 32 bits, lo que suponía que la reproducción de la onda sería muy acertada en comparación con la onda real.

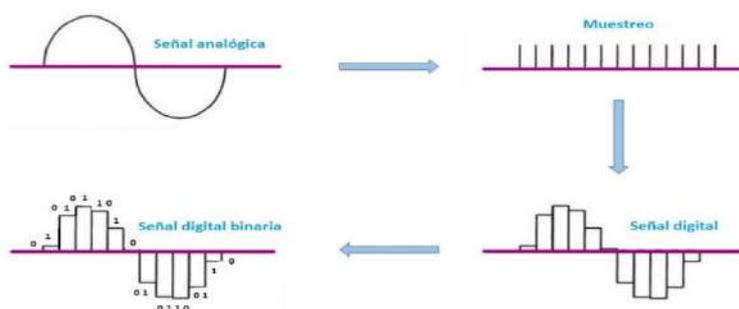


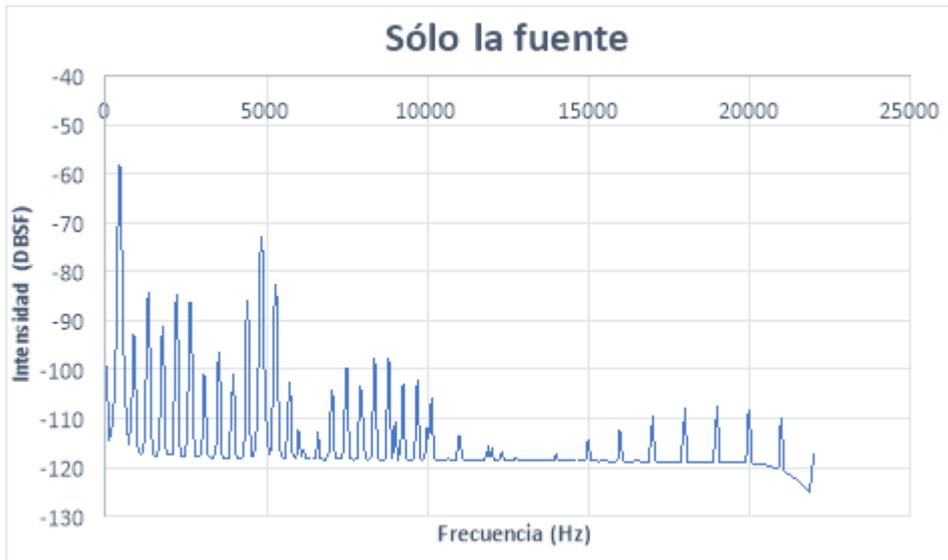
Imagen 3: Esquema proceso de digitalización

Todos los datos recogidos se encuentran con valores negativos de intensidad (dB), lo que me hizo dudar del correcto funcionamiento del experimento planteado. Sin embargo, reparé en que el programa utilizaba la escala dBFS en vez de dB, ya que cuando convertimos una señal analógica en una señal digital, pasa a estar en dBFS. *“Esta escala mide la amplitud en sistemas digitales que tienen un nivel definido del pico máximo [en este caso los 440 Hz] disponible, dando valores entre 0 y  $-\infty$ . Si pasamos de 0 dBFS estaríamos distorsionando la señal”* (Agulló, 1998). Opté por utilizar la escala original del programa.

La primera medida que se hizo fue colocando sólo la fuente, a dos metros del micrófono. Del espectro dado por el programa obtuvimos 512 datos que indicaban la intensidad de cada frecuencia. Para reducir el posible error, tomamos 10 medidas recreando el mismo proceso. Sin embargo, tal y como podemos apreciar en la siguiente gráfica, se detectaban fre-

42 Frecuencia de muestreo: Número de muestras por unidad de tiempo que se toman de una señal durante el proceso de digitalización de un sonido.

cuencias por encima de los 5000Hz que, en teoría, no habían sido emitidas.



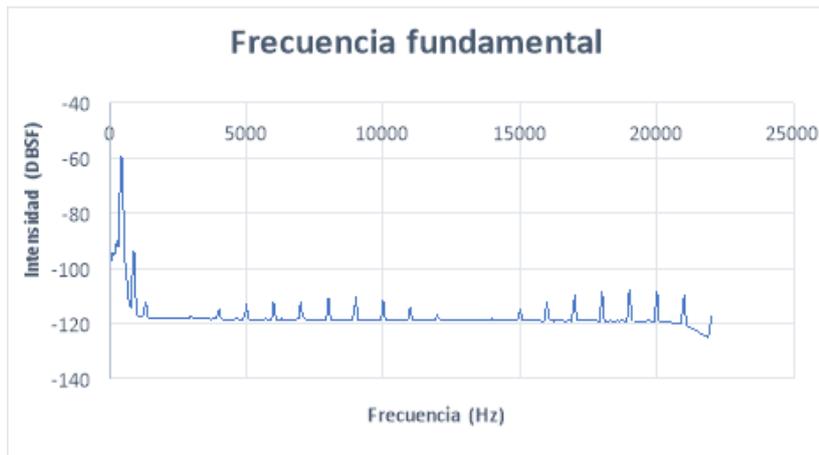
Gráfica 1: intensidad Vs Frecuencia - sólo la fuente

En un primer momento asocié este error a los posibles ruidos, sin embargo, esta gráfica incluye los datos ya tomados en la sala insonorizada. Por si se trataba de algún ruido cuya fuente se encontrase en la propia sala, utilicé una opción que incluía el programa de reducción de ruido. Para ello, era necesario hacer una grabación del ambiente, que luego sería cotejada y eliminada de las muestras grabadas. Sin embargo, continuaban existiendo numerosas frecuencias de valores muy elevados cuya intensidad era también muy alta.

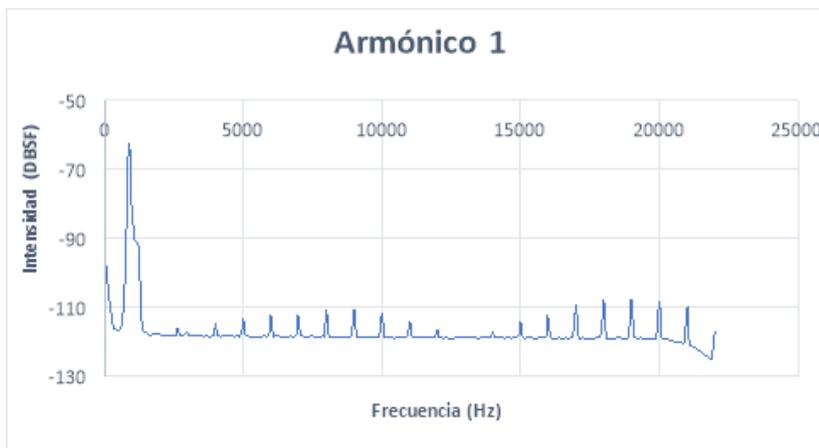
Decidí comprobar los valores que percibía el micrófono por separado de cada frecuencia.

### Pruebas de cada frecuencia

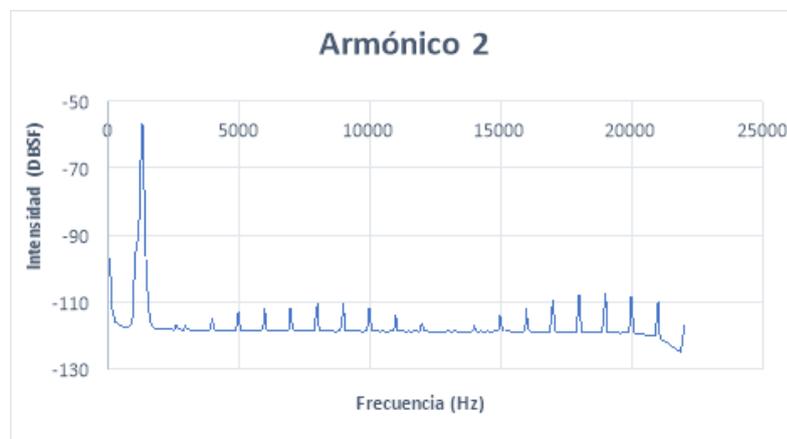
Realicé, con el mismo proceso anteriormente descrito, las medidas de la frecuencia fundamental (440 Hz). La tabla de datos no se incluye por el momento ya que su tamaño sólo nos dificultaría la comprensión. Repetí este mismo proceso con cada uno de los armónicos, dando lugar a las siguientes gráficas.



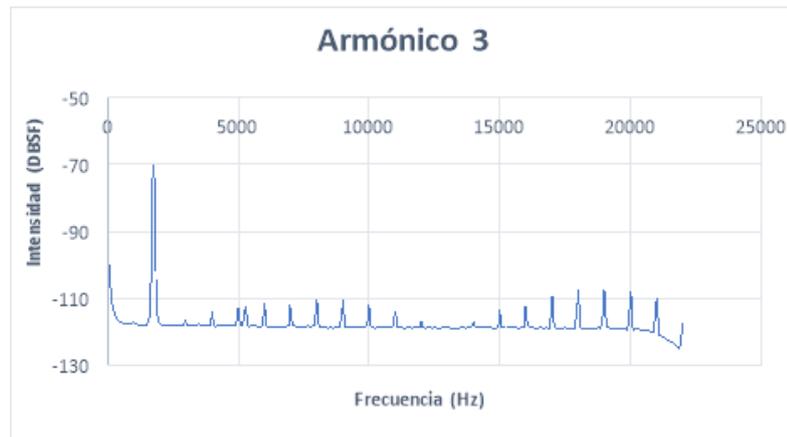
Gráfica 2: Intensidad Vs Frecuencia - frecuencia fundamental (440Hz)



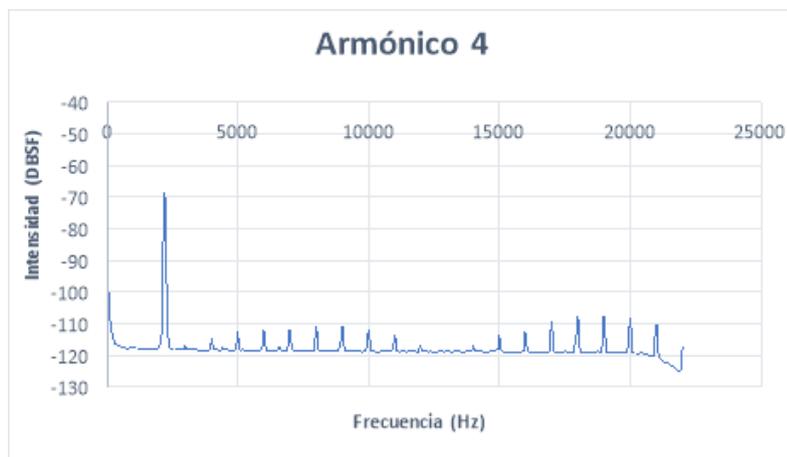
Gráfica 3: Intensidad Vs Frecuencia - primer armónico (880Hz)



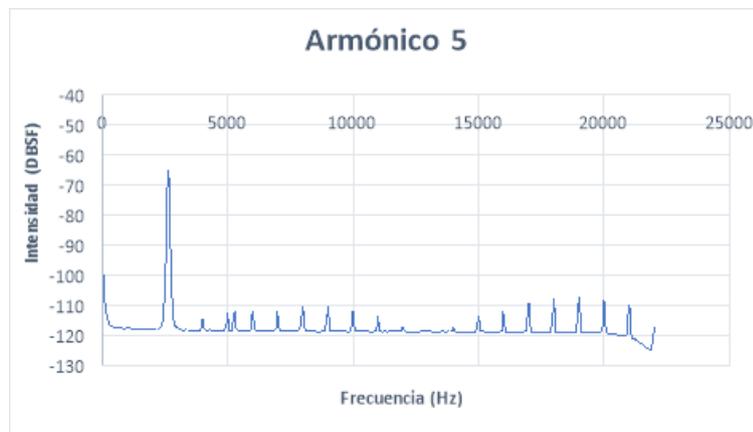
Gráfica 4: Intensidad Vs Frecuencia - segundo armónico (1320Hz)



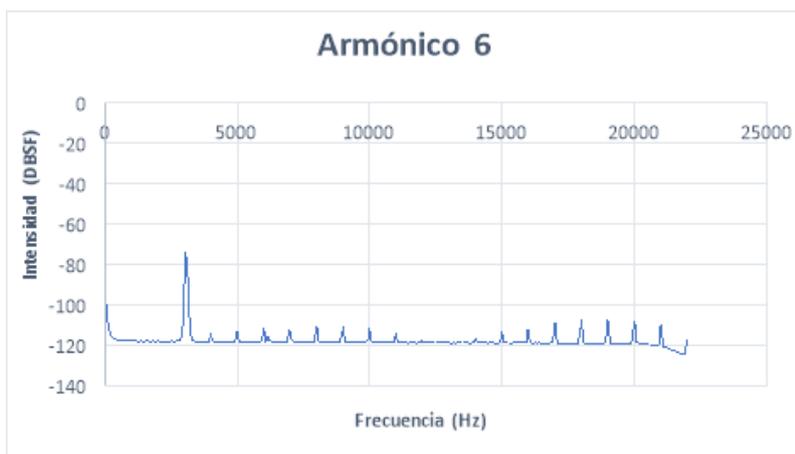
Gráfica 5: Intensidad Vs Frecuencia - tercer armónico (1760Hz)



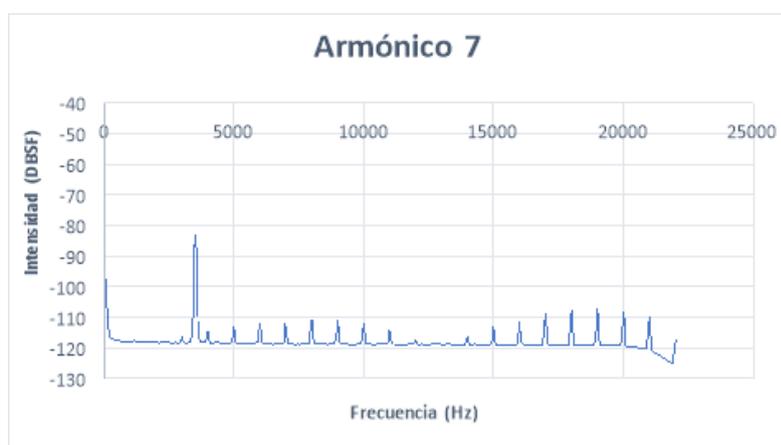
Gráfica 6: Intensidad Vs Frecuencia - cuarto armónico (2200Hz)



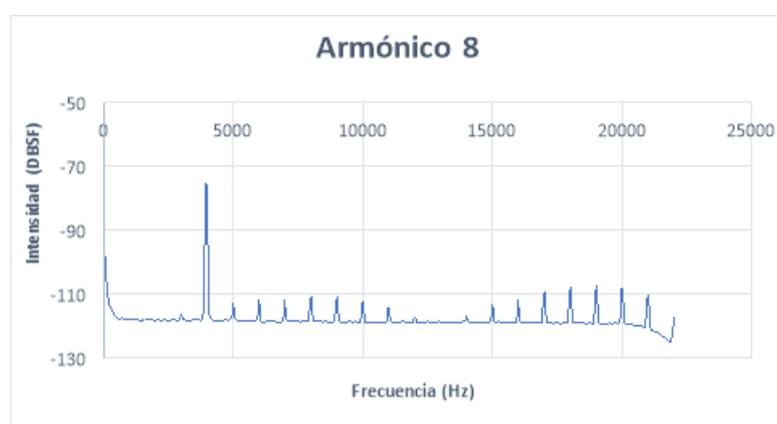
Gráfica 7: Intensidad Vs Frecuencia - quinto armónico (2640Hz)



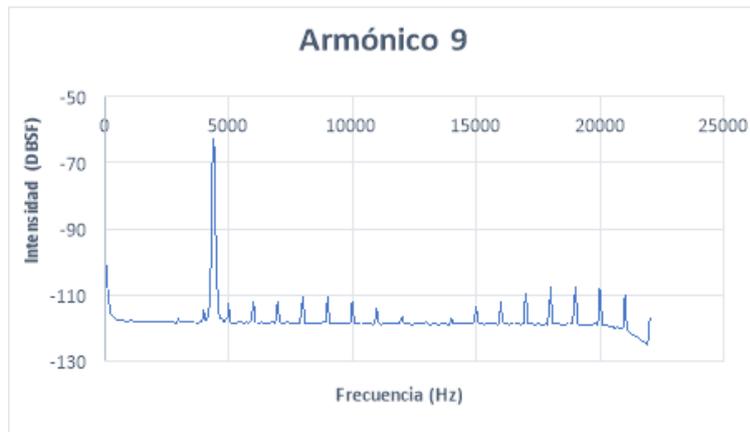
Gráfica 8: Intensidad Vs Frecuencia - sexto armónico (3080 Hz)



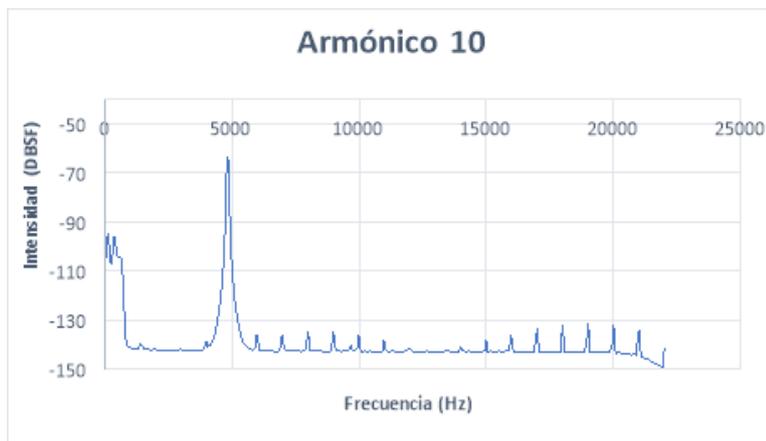
Gráfica 9: Intensidad Vs Frecuencia séptimo armónico (3520 Hz)



Gráfica 10: Intensidad Vs Frecuencia - octavo armónico (3960 Hz)



Gráfica 11: Intensidad Vs Frecuencia - noveno armónico (4400 Hz)



Gráfica 12: intensidad Vs Frecuencia - décimo armónico (4840 Hz)

Como se puede apreciar, a partir de los 5000 Hz el micrófono capta frecuencias que no deberían existir. Puesto que el patrón se repite con cada uno de los armónicos y con la frecuencia fundamental de manera casi repetitiva, he asociado este error a la exportación a mp3 del sonido, ya que, como he explicado anteriormente (teorema de Nyquist) la conversión a formato digital no supone una pérdida de información, pero sí su compresión. Me fijaré en las frecuencias hasta los 5000 Hz.

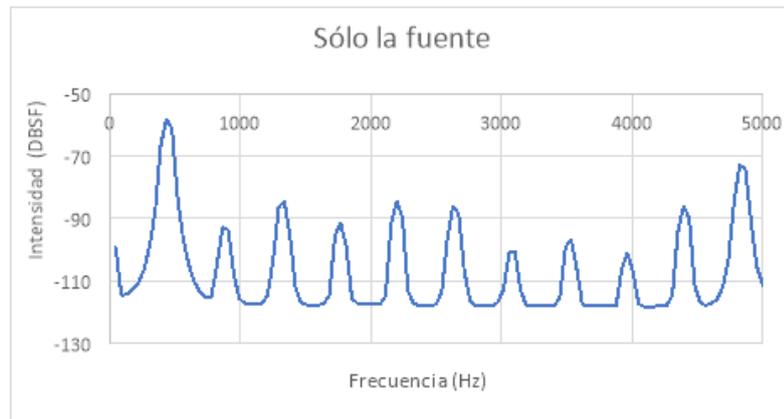
Las medidas anteriormente realizadas en las que sólo colocábamos la fuente quedarán como se muestra a continuación. Los datos incluidos en la tabla incluyen sólo las frecuencias más significativas de las 10 medidas que se hicieron, dando lugar a una media con la que creamos el gráfico. La incertidumbre final se calculó mediante:

$$\Delta Media Intensidad = \frac{Valor\ máx - Valor\ mín}{2}$$

La incertidumbre de las frecuencias será la propuesta por el programa Audacity.

Frecuencia (Hz)	volumen (DBSF)	Media (DBSF)											
$\Delta f \pm 0,1 \text{ Hz}$													
43,07	-99,25	-99,23	-99,25	-99,25	-99,25	-99,27	-99,24	-99,26	-99,24	-99,26	-99,24	-99,24	-99,25 ± 0,02
430,66	-56,71	-56,32	-57,43	-56,54	-56,24	-57,00	-56,01	-56,05	-56,01	-56,05	-56,01	-56,05	-56,63 ± 0,71
861,33	-90,21	-91,06	-91,02	-92,00	-90,98	-90,37	-91,70	-91,75	-91,70	-91,75	-91,70	-91,75	-91,16 ± 0,91
1765,72	-93,40	-94,39	-94,57	-93,32	-93,25	-96,54	-94,88	-93,87	-94,88	-93,87	-94,88	-94,18	-94,26 ± 1,65
2196,39	-86,69	-81,51	-84,17	-83,56	-87,63	-83,66	-84,82	-83,64	-84,82	-83,64	-84,82	-86,11	-84,52 ± 3,06
2627,05	-84,22	-85,56	-85,03	-85,83	-85,09	-85,56	-88,12	-87,84	-88,12	-87,84	-88,12	-88,98	-86,13 ± 2,38
3100,78	-101,12	-100,15	-102,50	-101,82	-98,55	-101,55	-99,99	-98,03	-99,99	-98,03	-99,99	-101,44	-100,51 ± 2,23
3531,45	-96,35	-98,30	-97,20	-97,75	-94,85	-98,43	-97,28	-95,19	-97,28	-95,19	-97,28	-97,72	-97,11 ± 1,79
3962,11	-102,13	-102,29	-100,75	-101,33	-99,66	-101,41	-99,88	-99,97	-99,88	-99,97	-99,88	-102,36	-101,00 ± 1,35
4392,77	-87,48	-88,50	-84,52	-86,70	-84,16	-84,73	-88,18	-87,52	-88,18	-87,52	-88,18	-86,63	-86,41 ± 2,17
4866,50	-74,96	-71,90	-74,47	-74,75	-74,08	-71,39	-71,79	-71,33	-71,79	-71,33	-71,79	-73,81	-73,37 ± 1,93

Tabla 2: Datos obtenidos sólo la fuente



Gráfica 13: Intensidad Vs Frecuencia - tras el descarte de datos (sólo la fuente)

Se puede apreciar en la gráfica que, a pesar de que los distintos armónicos fueron creados con la misma amplitud, su intensidad varía, lo que respalda lo mencionado anteriormente acerca del posible error de compresión. Esta gráfica nos servirá como elemento de comparación una vez hayamos realizado las medidas con los distintos materiales y formas.

### **Análisis distintos materiales y formas**

Realizando el experimento tal y como se mencionó al principio de la metodología para cada material y forma obtuvimos unas gráficas similares a la gráfica 1. Decidimos también descartar los datos a partir de 5000 Hz. Puesto que la finalidad de esta monografía es comparar la acústica en función de los materiales y las formas, realizamos unas nuevas tablas en las que, comparando con la media obtenida con sólo la fuente, obtenemos la diferencia y podemos apreciar qué frecuencias han sido absorbidas y cuáles han sido amplificadas. Los datos fueron tomados 10 veces, sin embargo, sólo aparece la media en las tablas que se adjuntan a continuación (de las frecuencias más relevantes para el análisis)

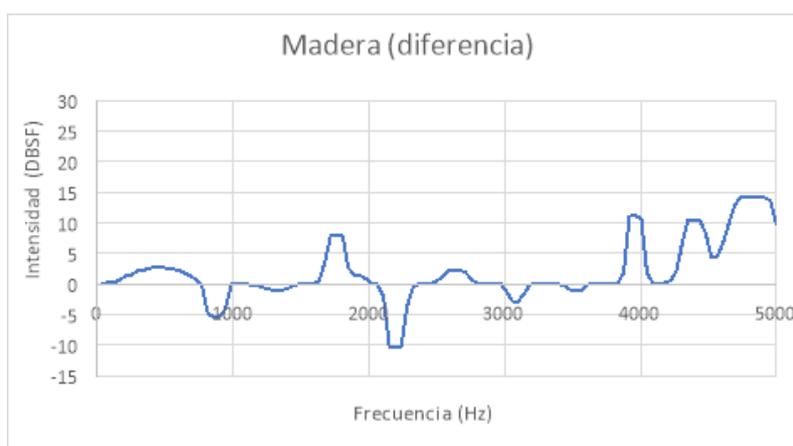
#### ***Materiales***

##### ***Madera***

<b>Frecuencia (Hz)</b> $\Delta f = \pm 0,1 \text{ Hz}$	<b>Media Intensidad (DBSF)</b>	<b>Media intensidad fuente (DBSF)</b>	<b>Diferencia (DBSF)</b>
43,07	-99,22 $\pm$ 0,01	-99,25 $\pm$ 0,02	0,03 $\pm$ 0,03
430,66	-55,14 $\pm$ 0,40	-56,63 $\pm$ 0,71	1,49 $\pm$ 1,11
904,39	-98,95 $\pm$ 2,32	-93,61 $\pm$ 0,43	-5,35 $\pm$ 2,75
990,53	-115,63 $\pm$ 0,06	-115,66 $\pm$ 0,32	0,03 $\pm$ 0,38
1335,06	-85,38 $\pm$ 0,45	-84,48 $\pm$ 0,07	-0,90 $\pm$ 0,52
1636,52	-116,73 $\pm$ 0,17	-117,27 $\pm$ 1,17	0,54 $\pm$ 1,34
1765,72	-83,20 $\pm$ 2,60	-94,26 $\pm$ 1,65	11,06 $\pm$ 4,25
1894,92	-115,66 $\pm$ 1,02	-117,21 $\pm$ 0,37	1,55 $\pm$ 1,39
2196,39	-94,85 $\pm$ 1,46	-84,52 $\pm$ 3,06	-10,34 $\pm$ 4,52

2454,79	-117,79 ± 0,02	-117,86 ± 2,04	0,07 ± 2,06
2627,05	-83,87 ± 0,50	-86,13 ± 2,38	2,26 ± 2,43
2971,58	-116,70 ± 0,03	-116,75 ± 0,92	0,05 ± 0,95
3100,78	-103,33 ± 0,40	-100,51 ± 2,23	-2,83 ± 2,63
3531,45	-97,60 ± 0,91	-97,11 ± 1,79	0,49 ± 1,70
3832,91	-117,94 ± 0,06	-118,13 ± 0,40	0,19 ± 0,46
3962,11	-89,77 ± 2,18	-101,00 ± 1,35	11,24 ± 3,53
4220,51	-117,58 ± 1,02	-118,12 ± 2,15	0,55 ± 3,17
4392,77	-75,39 ± 2,41	-86,41 ± 2,17	11,02 ± 4,58
4565,04	-113,34 ± 1,20	-117,80 ± 0,31	4,45 ± 1,51
4737,30	-88,84 ± 2,35	-103,01 ± 0,66	14,17 ± 3,01

Tabla 3: Datos obtenidos con madera



Gráfica 14: Intensidad Vs Frecuencia – Madera

Podemos observar que la madera absorbe en su mayoría las frecuencias bajas y medias. Sin embargo, actúa como difusor en las frecuencias más altas y en el pico correspondiente a 1765,72 Hz. Estudiando las posibles causas de esto último, reparé en la posibilidad de tratarse de una frecuencia múltiplo de la frecuencia de resonancia. Para hallar la frecuencia de resonancia de la caja

$$f = \frac{v}{2L}$$

Siendo  $v$  la velocidad del sonido en el aire ( $340 \text{ m s}^{-1}$ ) y  $L$  la longitud mayor del espacio.

En nuestro caso, el lado mayor de la caja media 40 cm. La frecuencia de resonancia será

$$f = \frac{340}{2 \cdot 40} = 425 \text{ Hz}$$

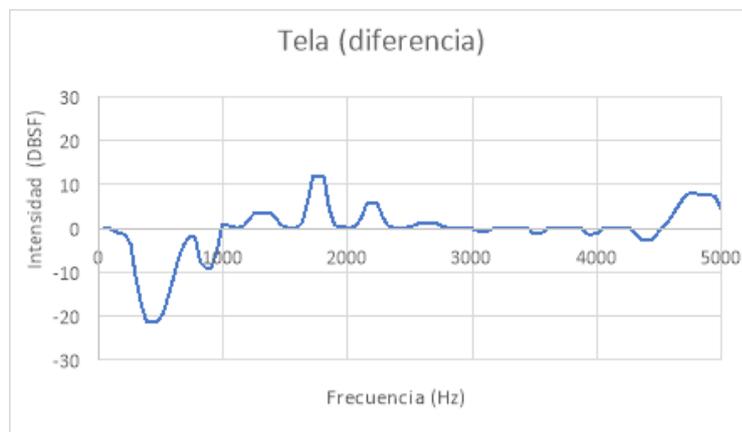
Como podemos comprobar 1800 Hz es múltiplo de esta frecuencia de resonancia y su valor se encuentra muy cercano a los 1765,72 Hz comentados anteriormente, lo que justifica que su intensidad se vea amplifi-

cada. El pico mayormente absorbido (2196,38 Hz) corresponde con un valor muy cercano al cuarto armónico (2200 Hz), lo que nos indica que la absorción de este armónico se ve favorecida.

### Tela

Frecuencia (Hz) $\Delta f = \pm 0,1$ Hz	Media Intensidad (DBSF)	Media intensidad fuente (DBSF)	Diferencia (DBSF)
43,07	-99,23 ± 0,01	-99,25 ± 0,02	0,02 ± 0,03
430,66	-79,37 ± 2,67	-56,63 ± 0,71	-22,74 ± 3,38
732,13	-117,22 ± 0,40	-115,37 ± 2,02	-1,84 ± 2,42
861,33	-101,88 ± 1,89	-91,16 ± 1,13	-10,72 ± 3,02
990,53	-114,94 ± 0,13	-115,66 ± 0,32	0,72 ± 0,45
1335,06	-80,88 ± 1,09	-84,48 ± 0,07	3,61 ± 1,16
1765,72	-79,31 ± 2,44	-94,26 ± 1,65	14,95 ± 4,09
2024,12	-117,21 ± 0,01	-117,36 ± 0,19	0,14 ± 0,20
2196,39	-78,95 ± 1,02	-84,52 ± 3,06	5,57 ± 4,08
2454,79	-117,71 ± 0,09	-117,86 ± 2,04	0,16 ± 2,13
2627,05	-84,84 ± 0,06	-86,13 ± 2,38	1,30 ± 2,44
2971,58	-116,61 ± 0,01	-116,75 ± 0,92	0,15 ± 0,93
3100,78	-101,35 ± 0,03	-100,51 ± 2,23	-0,84 ± 2,26
3445,31	-115,18 ± 1,01	-115,35 ± 0,54	0,17 ± 1,55
3531,45	-97,65 ± 1,09	-97,11 ± 1,79	-0,54 ± 2,88
3832,91	-118,07 ± 0,06	-118,13 ± 0,40	0,06 ± 0,46
4220,51	-118,10 ± 0,20	-118,12 ± 2,15	0,02 ± 2,35
4392,77	-88,51 ± 1,05	-86,41 ± 2,17	-2,10 ± 3,22
4737,30	-95,13 ± 2,33	-103,01 ± 0,66	7,88 ± 2,99

Tabla 4: Datos obtenidos con tela



Gráfica 15: Intensidad Vs Frecuencia - Tela

Se puede apreciar que las frecuencias más bajas son absorbidas de manera muy significativa. Las frecuencias entorno al cuarto armónico de la frecuencia de resonancia (1800 Hz) se amplifica como en el caso anterior. Las demás frecuencias se mantienen sin apenas modificación a excepción de las frecuencias más agudas que serán también reflejadas. Existe una zona entre los 2500 Hz y los 4000 Hz en los que se conserva el nivel original de intensidad.

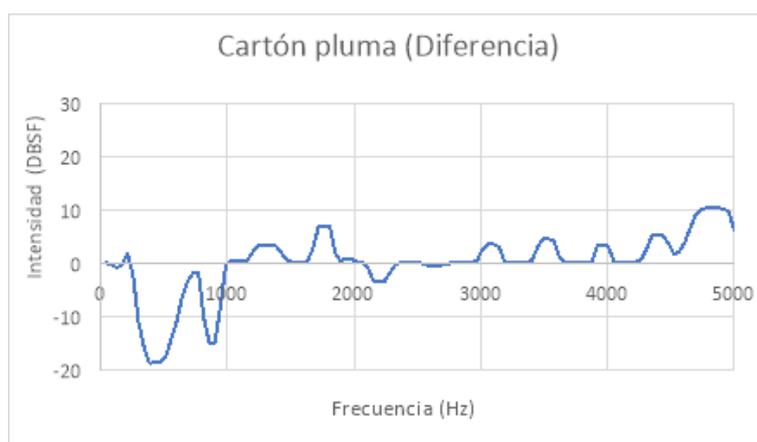
Los auditorios utilizan en su mayoría telones de este material para absorber determinadas frecuencias evitando la reverberación o la aparición de coloraciones de sonido<sup>43</sup>. Dependiendo del tipo de tela y del grosor de esta misma variará la frecuencia más absorbida.

### *Cartón pluma*

<b>Frecuencia (Hz)</b> $\Delta f = \pm 0,1 \text{ Hz}$	<b>Media Intensidad</b> <b>(DBSF)</b>	<b>Media intensidad</b> <b>fuerate (DBSF)</b>	<b>Diferencia</b> <b>(DBSF)</b>
43,07	-99,21 ± 0,01	-99,25 ± 0,02	0,04 ± 0,03
129,20	-115,02 ± 0,97	-114,17 ± 1,21	-0,86 ± 2,18
215,33	-108,90 ± 1,03	-110,77 ± 0,06	1,87 ± 1,09
430,66	-76,58 ± 2,56	-56,63 ± 0,71	-19,95 ± 3,27
775,20	-117,01 ± 0,02	-115,16 ± 1,09	-1,85 ± 1,11
904,39	-108,52 ± 2,24	-93,61 ± 0,43	-14,91 ± 2,67
1162,79	-116,46 ± 0,12	-117,10 ± 0,09	0,64 ± 0,21
1335,06	-81,03 ± 1,30	-84,48 ± 0,07	3,45 ± 1,37
1636,52	-116,78 ± 0,06	-117,27 ± 1,17	0,49 ± 1,23
1765,72	-84,21 ± 1,45	-94,26 ± 1,65	10,05 ± 3,10
1894,92	-116,74 ± 0,01	-117,21 ± 0,37	0,47 ± 0,38
2196,39	-87,91 ± 0,20	-84,52 ± 3,06	-3,40 ± 3,26
2627,05	-86,54 ± 0,03	-86,13 ± 2,38	-0,40 ± 2,41
3100,78	-96,91 ± 1,11	-100,51 ± 2,23	3,60 ± 3,34
3531,45	-91,96 ± 1,67	-97,11 ± 1,79	5,15 ± 3,46
3962,11	-97,51 ± 2,02	-101,00 ± 1,35	3,50 ± 3,37
4392,77	-80,72 ± 0,98	-86,41 ± 2,17	5,69 ± 3,15
4866,50	-63,68 ± 2,32	-73,37 ± 0,24	9,69 ± 2,56
4952,64	-95,50 ± 1,08	-105,25 ± 2,76	9,75 ± 3,84

Tabla 5: Datos obtenidos con cartón pluma

43 Coloración del sonido: unión de las cualidades como el timbre o el tono que hacen característico un sonido



Gráfica 16: Intensidad Vs Frecuencia – Cartón pluma

En este caso apreciamos una absorción muy elevada en torno a la frecuencia de resonancia (425 Hz), así como una absorción menor del cuarto armónico (2200 Hz). Al tratarse de un material poroso pero de baja densidad es muy útil, al igual que la tela, para absorber determinadas frecuencias. Por el contrario, el resto de frecuencias, y de nuevo en especial la frecuencia múltiplo de la de resonancia, se verán amplificadas.

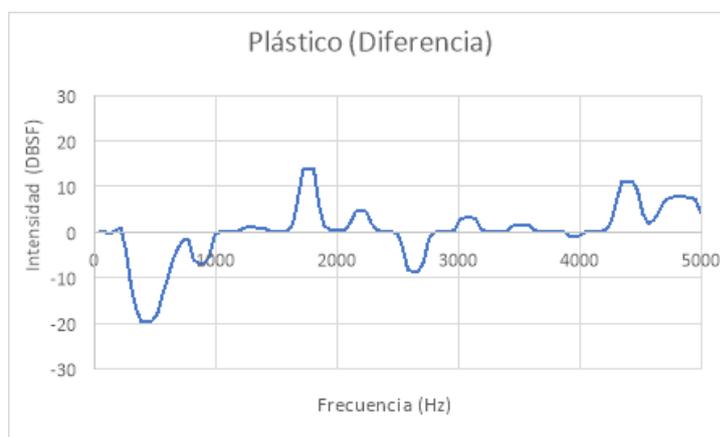
*“El cartón pluma, se identifica con un tipo determinado de resonadores que se emplean para el tratamiento de frecuencias bajas, reflejando en cambio, las frecuencias medias y altas. El margen de frecuencias absorbidas es muy limitado y serán más graves cuanto más denso sea el material” (Acústica, 1995).*

### Plástico

Frecuencia (Hz) $\Delta f = \pm 0,1 \text{ Hz}$	Media Intensidad (DBSF)	Media intensidad fuente (DBSF)	Diferencia (DBSF)
43,07	-99,23 $\pm$ 0,07	-99,25 $\pm$ 0,02	0,02 $\pm$ 0,09
215,33	-109,80 $\pm$ 0,24	-110,77 $\pm$ 0,06	0,97 $\pm$ 0,30
430,66	-77,50 $\pm$ 2,45	-56,63 $\pm$ 0,71	-20,87 $\pm$ 3,16
732,13	-117,14 $\pm$ 0,02	-115,37 $\pm$ 2,02	-1,77 $\pm$ 2,04
904,39	-100,43 $\pm$ 1,30	-93,61 $\pm$ 0,43	-6,82 $\pm$ 1,73
1248,93	-102,32 $\pm$ 0,01	-103,35 $\pm$ 0,98	1,03 $\pm$ 0,99
1765,72	-77,25 $\pm$ 2,65	-94,26 $\pm$ 1,65	17,01 $\pm$ 4,30
2024,12	-116,96 $\pm$ 0,20	-117,36 $\pm$ 0,19	0,40 $\pm$ 0,39
2196,39	-79,91 $\pm$ 1,01	-84,52 $\pm$ 3,06	4,61 $\pm$ 4,07
2454,79	-117,82 $\pm$ 0,02	-117,86 $\pm$ 2,04	0,04 $\pm$ 2,06
2627,05	-94,74 $\pm$ 2,12	-86,13 $\pm$ 2,38	-8,60 $\pm$ 4,50
2928,52	-117,85 $\pm$ 0,03	-117,99 $\pm$ 0,01	0,14 $\pm$ 0,04
3100,78	-97,27 $\pm$ 0,04	-100,51 $\pm$ 2,23	3,24 $\pm$ 2,27
3402,25	-117,56 $\pm$ 0,08	-117,85 $\pm$ 0,07	0,29 $\pm$ 0,15
3531,45	-94,83 $\pm$ 0,23	-97,11 $\pm$ 1,79	2,28 $\pm$ 2,02

Frecuencia (Hz) $\Delta f = \pm 0,1 \text{ Hz}$	Media Intensidad (DBSF)	Media intensidad fuente (DBSF)	Diferencia (DBSF)
3962,11	-101,93 $\pm$ 0,07	-101,00 $\pm$ 1,35	-0,93 $\pm$ 1,42
4220,51	-117,55 $\pm$ 1,00	-118,12 $\pm$ 2,15	0,57 $\pm$ 3,15
4392,77	-74,74 $\pm$ 3,24	-86,41 $\pm$ 2,17	11,67 $\pm$ 5,41
4737,30	-95,44 $\pm$ 1,09	-103,01 $\pm$ 0,66	7,57 $\pm$ 1,75

Tabla 6: Datos obtenidos con plástico



Gráfica 17: Intensidad Vs Frecuencia - Plástico

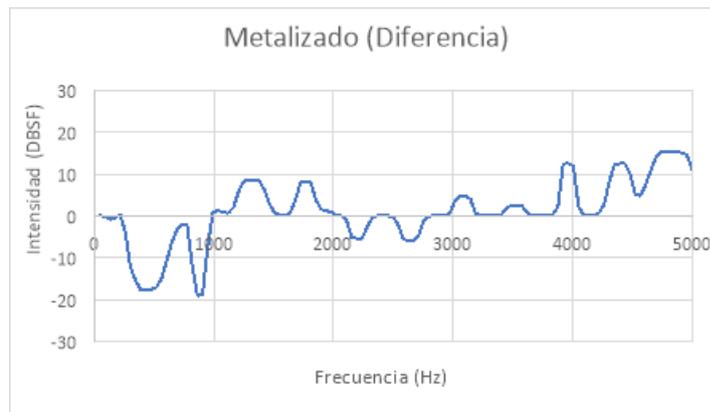
Este material absorbe las frecuencias más bajas y en especial el quinto armónico (2640 Hz). Cuanto más altas sean las frecuencias, mayor será su reflexión. Además, si comparamos el nivel de reflexión de la frecuencia correspondiente a los 2200 Hz, este material será el que permita este fenómeno en mayor medida. “Podríamos asociar estos resultados con aquellos materiales no porosos cuya flexibilidad les permite vibrar a determinadas frecuencias comportándose como un resonador” (Acústica, 1995).

### ***Metal***

Frecuencia (Hz) $\Delta f = \pm 0,1 \text{ Hz}$	Media Intensidad (DBSF)	Media intensidad fuente (DBSF)	Diferencia (DBSF)
43,07	-99,22 $\pm$ 0,01	-99,25 $\pm$ 0,02	0,03 $\pm$ 0,03
215,33	-110,34 $\pm$ 0,24	-110,77 $\pm$ 0,06	0,43 $\pm$ 0,30
430,66	-75,58 $\pm$ 2,67	-56,63 $\pm$ 0,71	-18,95 $\pm$ 3,38
732,13	-117,29 $\pm$ 0,03	-115,37 $\pm$ 2,02	-1,91 $\pm$ 2,05
861,33	-111,96 $\pm$ 2,09	-92,85 $\pm$ 1,13	-19,11 $\pm$ 3,22
1335,06	-75,96 $\pm$ 1,12	-84,48 $\pm$ 0,07	8,52 $\pm$ 1,19
1765,72	-83,29 $\pm$ 1,67	-94,26 $\pm$ 1,65	10,97 $\pm$ 3,32
2196,39	-89,87 $\pm$ 0,03	-84,52 $\pm$ 3,06	-5,35 $\pm$ 3,09
2454,79	-117,86 $\pm$ 0,01	-117,86 $\pm$ 2,04	0,00 $\pm$ 2,05

Frecuencia (Hz) $\Delta f = \pm 0,1 \text{ Hz}$	Media Intensidad (DBSF)	Media intensidad fuente (DBSF)	Diferencia (DBSF)
2627,05	-91,97 $\pm$ 1,08	-86,13 $\pm$ 2,38	-5,84 $\pm$ 3,46
3100,78	-95,75 $\pm$ 1,02	-100,51 $\pm$ 2,23	4,75 $\pm$ 3,25
3402,25	-117,61 $\pm$ 0,02	-117,85 $\pm$ 0,07	0,24 $\pm$ 0,09
3531,45	-93,95 $\pm$ 1,10	-97,11 $\pm$ 1,79	3,16 $\pm$ 2,89
3832,91	-117,84 $\pm$ 0,01	-118,13 $\pm$ 0,40	0,29 $\pm$ 0,41
3962,11	-88,44 $\pm$ 2,46	-101,00 $\pm$ 1,35	12,56 $\pm$ 3,81
4220,51	-117,41 $\pm$ 0,06	-118,12 $\pm$ 2,15	0,71 $\pm$ 2,21
4392,77	-73,42 $\pm$ 2,08	-86,41 $\pm$ 2,17	12,99 $\pm$ 4,23
4565,04	-112,97 $\pm$ 1,73	-117,80 $\pm$ 0,31	4,83 $\pm$ 2,04
4737,30	-87,70 $\pm$ 2,98	-103,01 $\pm$ 0,66	15,31 $\pm$ 3,64

Tabla 7: Datos obtenidos con material metalizados



Gráfica 18: Intensidad Vs Frecuencia – Material metalizado

Podemos apreciar que se trata de un material muy reflectante ya que, al igual que el plástico, presenta una frecuencia de vibración que provoca la amplificación de la mayor parte de las frecuencias. Sin embargo, al igual que en la mayoría de los casos anteriormente estudiados, las frecuencias más bajas presentan una elevada absorción. Además, podemos apreciar que las frecuencias intermedias, correspondientes con el cuarto (2200 Hz) y el quinto armónico (2640 Hz) presentan también algo de absorción.

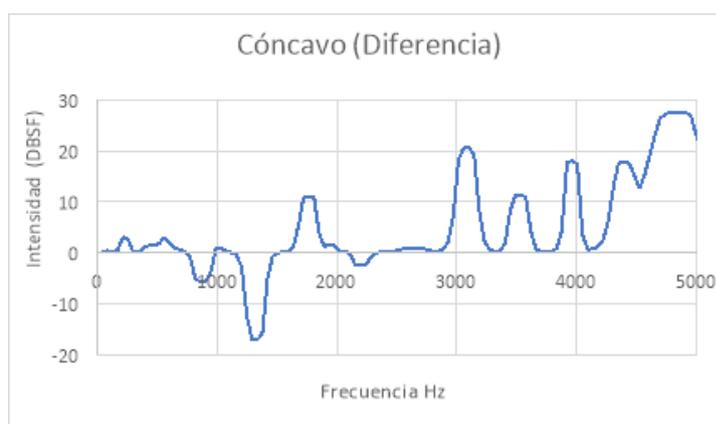
Este material, al ser liso y no poroso, reflejará y amplificará el sonido en general, lo que puede suponer un problema si se crea, como consecuencia, un campo sonoro muy difuso o se provoca un efecto de reverberación o eco.

## Formas

### Cóncavo

Frecuencia (Hz) $\Delta f = \pm 0,1$ Hz	Media Intensidad (DBSF)	Media intensidad fuente (DBSF)	Diferencia (DBSF)
43,07	-99,23 $\pm$ 0,02	-99,25 $\pm$ 0,02	0,02 $\pm$ 0,04
215,33	-107,73 $\pm$ 1,50	-110,77 $\pm$ 0,06	3,04 $\pm$ 1,56
344,53	-88,07 $\pm$ 0,01	-88,10 $\pm$ 0,01	0,03 $\pm$ 0,02
559,86	-93,45 $\pm$ 0,31	-96,47 $\pm$ 2,27	3,02 $\pm$ 2,58
861,33	-98,61 $\pm$ 2,67	-91,16 $\pm$ 1,13	-7,45 $\pm$ 3,80
990,53	-114,84 $\pm$ 0,20	-115,66 $\pm$ 0,32	0,83 $\pm$ 0,52
1335,06	-101,61 $\pm$ 1,98	-84,48 $\pm$ 0,07	-17,13 $\pm$ 2,05
1765,72	-80,31 $\pm$ 2,23	-94,26 $\pm$ 1,65	13,95 $\pm$ 3,88
1894,92	-116,06 $\pm$ 0,41	-117,21 $\pm$ 0,37	1,15 $\pm$ 0,78
2196,39	-87,02 $\pm$ 0,01	-84,52 $\pm$ 3,06	-2,50 $\pm$ 3,07
2928,52	-115,87 $\pm$ 1,30	-117,99 $\pm$ 0,01	2,12 $\pm$ 1,31
3100,78	-79,93 $\pm$ 2,45	-100,51 $\pm$ 2,23	20,58 $\pm$ 4,68
3531,45	-85,24 $\pm$ 1,15	-97,11 $\pm$ 1,79	11,87 $\pm$ 2,94
3832,91	-117,32 $\pm$ 0,02	-118,13 $\pm$ 0,40	0,81 $\pm$ 0,42
3962,11	-83,03 $\pm$ 2,34	-101,00 $\pm$ 1,35	17,97 $\pm$ 3,69
4177,44	-116,98 $\pm$ 0,01	-118,14 $\pm$ 0,89	1,16 $\pm$ 0,90
4392,77	-68,25 $\pm$ 1,45	-86,41 $\pm$ 2,17	18,16 $\pm$ 3,62
4521,97	-104,57 $\pm$ 1,48	-117,08 $\pm$ 2,56	12,50 $\pm$ 4,04
4866,50	-46,46 $\pm$ 2,80	-73,37 $\pm$ 0,24	26,91 $\pm$ 3,04

Tabla 8: Datos obtenidos con forma cóncava



Gráfica 19: Intensidad Vs Frecuencia – Forma cóncava

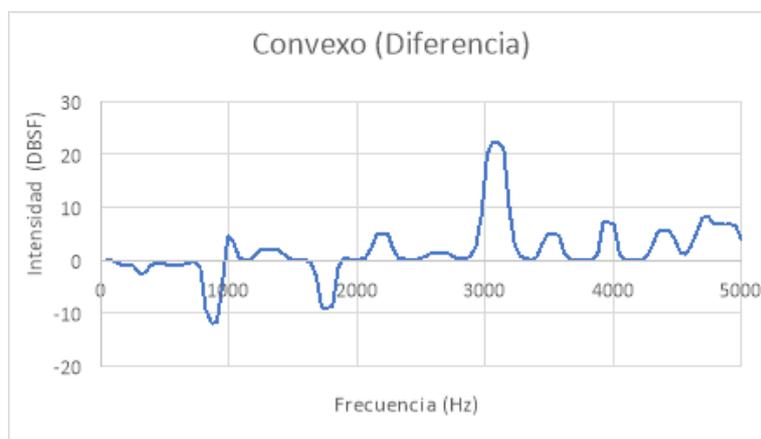
Las formas cóncavas actúan como reflectores, produciendo la focalización del sonido en un punto. Podemos notar que provoca desequilibrios notables en la intensidad de las frecuencias, provocando que algunas se atenúen más que otras. Según los resultados obtenidos, además actuará como gran reflector a partir de los 2928,51 Hz (valor cercano al sex-

to armónico), llegando a producir una amplificación casi completa, lo que significa que modifica en gran medida el timbre.

### Convexo

Frecuencia (Hz) $\Delta f = \pm 0,1 \text{ Hz}$	Media Intensidad (DBSF)	Media intensidad fuente (DBSF)	Diferencia (DBSF)
43,07	-99,24 ± 0,07	-99,25 ± 0,02	0,01 ± 0,09
215,33	-111,53 ± 0,16	-110,77 ± 0,06	-0,76 ± 0,22
344,53	-90,46 ± 1,01	-88,10 ± 0,01	-2,37 ± 1,02
861,33	-104,76 ± 2,89	-91,16 ± 1,13	-13,60 ± 4,02
990,53	-111,01 ± 1,82	-115,66 ± 0,32	4,65 ± 2,14
1335,06	-82,45 ± 0,11	-84,48 ± 0,07	2,03 ± 0,18
1765,72	-100,32 ± 0,48	-94,26 ± 1,65	-6,06 ± 2,13
2196,39	-79,57 ± 0,02	-84,52 ± 3,06	4,95 ± 3,08
2454,79	-117,77 ± 0,02	-117,86 ± 2,04	0,09 ± 2,06
2885,45	-117,27 ± 0,31	-118,03 ± 0,29	0,75 ± 0,60
3100,78	-78,13 ± 2,14	-100,51 ± 2,23	22,38 ± 4,37
3402,25	-117,29 ± 0,07	-117,85 ± 0,07	0,56 ± 0,14
3531,45	-91,64 ± 0,43	-97,11 ± 1,79	5,47 ± 2,22
3832,91	-117,96 ± 0,02	-118,13 ± 0,40	0,17 ± 0,42
3962,11	-93,82 ± 1,06	-101,00 ± 1,35	7,18 ± 1,41
4220,51	-117,98 ± 0,01	-118,12 ± 2,15	0,14 ± 2,16
4392,77	-80,37 ± 1,14	-86,41 ± 2,17	6,04 ± 3,31
4565,04	-116,64 ± 0,20	-117,80 ± 0,31	1,16 ± 0,51
4737,30	-94,60 ± 2,64	-103,01 ± 0,66	8,41 ± 3,30

Tabla 9: Datos obtenidos con forma convexa



Gráfica 20: Intensidad Vs Frecuencia – Forma convexa

Por el contrario, si se le da una forma convexa el efecto será una dispersión del sonido en general para todas las frecuencias, modificando menos que la forma cóncava el timbre. Sin embargo, “es necesario que el

radio de curvatura sea mayor de 5 metros para evitar que se convierta en un gran difusor” (Acústica, 1995).

Como podemos apreciar en la gráfica, al haber realizado las medidas con una maqueta, el radio de curvatura era mucho menor y por lo tanto las frecuencias son dispersadas a excepción de la frecuencia correspondiente con el primer armónico (880 Hz) y el tercer armónico (1760 Hz). El pico más alto corresponde a un valor muy aproximado al sexto armónico (3080 Hz), también cercano a un múltiplo de la frecuencia de resonancia.

Finalmente, hemos podido comprobar experimentalmente que los diferentes materiales y formas provocan una absorción o amplificación del sonido dependiendo de sus cualidades físicas. Algunos de los errores cometidos e incluidos en las tablas, son de valores muy altos. Sin embargo, creo que, puesto que este análisis se centra en los picos que podemos encontrar en los espectros, esto no será un factor que invalide los datos tomados, ya que en comparación con el nivel de absorción o amplificación no son tan relevantes.

## **Conclusión**

Tras la realización de un sencillo experimento, nos ha sido posible comprobar los efectos sonoros producidos por los distintos materiales y formas que podemos encontrar en un auditorio. Gracias a la ayuda del programa *Audacity*, pudimos digitalizar el sonido emitido y representar los espectros. Hemos podido comprobar la importancia de los armónicos que complementan a un sonido puro y que tienden a ser absorbidos o amplificados, según los materiales y las formas que haya en el espacio. Al finalizar el análisis hemos podido comprobar que estos dos factores modifican el sonido recibido por los espectadores y puede llegar a influir en la acústica final siendo, por lo tanto, la hipótesis inicial correcta. Personalmente opino que ambos factores tienen la misma relevancia y han de ser estudiados por igual si se trata de un auditorio real. Gracias a los datos obtenidos, podemos realizar una extrapolación a cualquier auditorio físico o comprobar los efectos que vamos a encontrar en ellos. Como ejemplo final, utilizaré el *Auditorio Nacional de Madrid*, donde podemos encontrar en su mayoría un recubrimiento de madera (a excepción de butacas y otros objetos) que provocaría la absorción de las frecuencias medias-bajas. Además, podemos encontrar situados en el techo unos paneles con formas cóncavas que focalizan el sonido hacia el espectador, produciendo un sonido menos disperso tal y como coincide con el análisis realizado.



Imagen 4: fotografía interior Auditorio Nacional de Madrid

En cuanto a las limitaciones encontradas, las medidas realizadas se llevaron a cabo en una maqueta de un tamaño poco acorde con la realidad. La posibilidad de realizar las medidas en un auditorio fue descartada debido a que no podíamos controlar todas las variables. Además, el error producido por el ruido, y más tarde la compresión de formatos, provocó que los espectros finalmente representados no fueran exactos a la realidad. A pesar de esto, creo que los datos obtenidos nos han permitido realizar un buen análisis.

Como propuesta de mejora, sugiero realizar las medidas con un número mayor de formas, puesto que sólo fueron posibles dos. Además, sería de interés realizar de nuevo el mismo experimento utilizando un material maleable que nos permitiese variar el radio de curvatura de las formas cóncavas y convexas, comprobando así, su influencia.

Personalmente, creo que el campo de la acústica arquitectónica es poco conocido a pesar de su relevancia en la sociedad de hoy en día y por ello, planteo la posibilidad de una futura investigación de mayor profundidad y que presente nuevas soluciones a las incluidas en esta monografía.

## Bibliografía y webgrafía

### Páginas web consultadas

- *Acústica*. (1995). *Tectónica*, [online] (14), pp.4-39. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/23426784/tectonica-14-acondicionamiento-acustico-Completo> [Acceso 27 Sep. 2017].
- *Acústica Arquitectónica*. (2018). [online] Disponible en: <http://www.eumus.edu.uy/eme/ensenanza//acustica/apuntes/cap04.pdf> [Acceso 6 Oct. 2017].
- Arauacustica.com. (2014). *La arquitectura del sonido en la geometría de los espacios*. [online] Disponible en: [https://www.arauacustica.com/files/publicaciones/pdf\\_esp\\_52.pdf](https://www.arauacustica.com/files/publicaciones/pdf_esp_52.pdf) [Acceso 7 Oct. 2017].
- Hyper Physics. (n.d.). *Resonancia*. [online] Disponible en: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/hframe.html> [Acceso 10 Nov. 2017].
- Armstrong ceilings. (2018). *Glosario de términos de techos*. [online] Disponible en: <https://www.armstrongceilings.com/commercial/es-es/technical-downloads/ceiling-terms.html#N> [Acceso 13 Nov. 2017].
- Mi acustica. (n.d.). *Acústica 101*. [online] Disponible en: <http://www.miacustica.com/acustica101> [Acceso 8 Enero 2018].
- Ocw.upm.es. (n.d.). *El dB en comunicaciones*. [online] Disponible en: [http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/comunicaciones-en-audio-y-video/contenidos/Tema-0/el\\_db\\_en\\_comunicaciones](http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/comunicaciones-en-audio-y-video/contenidos/Tema-0/el_db_en_comunicaciones) [Acceso 6 Enero 2018].
- Educativa.catedu.es. (2012). *Propiedades de las ondas sonoras*. [online] Disponible en: [http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3212/html/2\\_propiedades\\_de\\_las\\_ondas\\_sonoras.html](http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3212/html/2_propiedades_de_las_ondas_sonoras.html) [Acceso 8 Enero 2018].
- Grado multimedia. (2016). *Teorema de Nyquist o Teorema del Muestreo*. [online] Disponible en: [http://www.gradomultimedia.com/29-musica/2\\_2\\_2-teorema-de-nyquist.html](http://www.gradomultimedia.com/29-musica/2_2_2-teorema-de-nyquist.html) [Acceso 14 Enero 2018].
- Ite.educacion.es. (n.d.). *Tamaño de los archivos - Audio*. [online] Disponible en: [http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/60/cd/04\\_elaudio/32\\_tamao\\_de\\_los\\_archivos.html](http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/60/cd/04_elaudio/32_tamao_de_los_archivos.html) [Acceso 3 Feb. 2018].

### Libros y artículos utilizados

- Agulló, J. (1998). *Acústica Musical*. 1st ed. Barcelona: Libros de investigación y ciencias.

- Rivas Mosquera, C. and Morillo Caicedo, J. (2007). *Sonido y acústica*.
- Duran, A. (2014). *¿Cómo contribuye la acústica en el desarrollo arquitectónico de auditorios para música sinfónica?*
- Tarrazona Gasque, L. (2010). *Acondicionamiento acústico en un auditorio*. Proyecto de fin de grado. Universidad politécnica de Valencia.
- García Yáñez, M. (2015). *El sonido de la arquitectura. Aproximación al sonido real y sonido perceptivo en el proceso creativo*. Trabajo fin de grado. Universidad Politécnica de Madrid.
- Gómez Gutiérrez, E. (2009). *Digitalización del sonido*.
- Lorente, M. (1984). *Contribución al estudio de la Acústica Musical: Fundamentos físicos de la tonalidad y de la consonancia*. Revista de Ciencia Aplicada, (97).

*El Guernica como icono político y símbolo del antibelicismo. ¿Cuáles son las razones que explican que el Guernica de Picasso haya adquirido una relevancia histórica excepcional?*

*Julia Inglés Cerrillo*



*A Joaquín, por su ayuda y guía en este reto científico.*

*A mis padres, por su apoyo constante.*

### ***Introducción***

El *Guernica*, obra que Picasso pintó en 1937, es considerado el cuadro más emblemático del siglo XX (Berger, 1993). Cuando nos situamos delante del enorme mural, una sensación sobrecogedora nos invade, ya que estamos ante una obra de enorme fuerza expresiva y gran impacto. Se trata de un grandioso cuadro impregnado de sentimientos y pasiones y de una de las mayores reivindicaciones contra la injusta crueldad de las guerras.

A partir de tres tipos de fuentes (visita a la exposición de 2017 en el Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, artículos de prensa obtenidos en la Hemeroteca Nacional y publicaciones historiográficas) esta monografía se propone encontrar las principales razones históricas que expliquen

los motivos por los que el *Guernica* se ha convertido en una obra de arte mundialmente conocida y en un icono.

Para centrar el proceso de análisis, me planteo esta pregunta de investigación: ¿cuáles son las razones por las que el *Guernica* de Picasso ha adquirido una relevancia histórica excepcional?

El enfoque de esta investigación consiste en seguir un hilo cronológico (creación del cuadro en 1937, impacto de la obra en el contexto de la Guerra civil española y II Guerra Mundial, relación de Picasso con el franquismo y viaje del *Guernica* a España en 1981) analizando en todo momento qué aportan los datos históricos para ir dando respuesta paulatinamente a la pregunta de investigación. En la monografía voy presentando sucesivamente hasta seis razones que surgen del estudio de las fuentes.

## Metodología y fuentes

Con motivo del 80 aniversario del bombardeo de Guernica, se ha celebrado una gran exposición en Madrid llamada *Piedad y Terror en Picasso, el camino a Guernica*, con cuya visita inicié mi investigación. El estudio del catálogo oficial de la exposición es mi primera fuente. Se trata de una fuente secundaria, de alto valor por su origen y contenido, ya que contiene información organizada realizada por expertos de Historia del arte profundos conocedores de esta obra y de su dimensión cultural.

A continuación, llevé a cabo, en la Hemeroteca de la Biblioteca Nacional de España, la recuperación de artículos de prensa relacionados tanto con Picasso como con el *Guernica*, principalmente publicados durante la Guerra civil española (1936 – 1939) y en el año en que el *Guernica* fue trasladado a España (1981). Estos artículos de prensa son fuentes primarias con contenido original.

Finalmente, analicé una serie de publicaciones historiográficas sobre el *Guernica* y Picasso, que se tratan de fuentes secundarias.

Mediante la comparación y el contraste de estos tres diferentes tipos de fuentes trataré de sacar conclusiones completas y elaboradas para responder a la pregunta de investigación planteada. He seguido un hilo cronológico y he decidido presentar las razones a las que se refiere la pregunta de investigación según derivan del análisis de las fuentes.

## Origen del cuadro: el encargo de la II República Española

A finales de 1936, con la Guerra civil en curso, convivían en España dos gobiernos: el republicano y la estructura de gobierno creada por Franco. El gobierno republicano encargó a Pablo Picasso, que vivía en París, un gran mural para la Exposición Universal que se iba a celebrar ese mismo año en la capital francesa. El objetivo del gobierno era servirse del renombre de Picasso, ya célebre en 1937, para promover la causa republicana y despertar en la opinión pública internacional simpatía hacia la misma y conciencia del desafío que representaba para la libertad la rebelión militar liderada por Franco. Así, el *Guernica* es, en su origen, propaganda política. El artista y su obra se convirtieron en portavoces de la defensa de la causa republicana. En respuesta a la pregunta de investigación, la primera razón que explica la relevancia histórica del cuadro es que fue encargo del gobierno español en un momento en el que la comunidad internacional miraba expectante el desarrollo de los acontecimientos de la guerra en España.

Picasso aceptó el encargo sin tener una idea clara de qué representar hasta que conoció el bombardeo de Guernica a través de la prensa, en abril de 1937 (Clark, 2013). La reciente exposición sobre el *Guernica* (Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, 2017) destaca la importancia de la prensa como fuente de inspiración del artista: Picasso conoció la tragedia a través de *Ce Soir*, del diario francés *L'Humanité* (Mille bombes..., 1937) y quizás también gracias a las crónicas de George Steer que llegaron a publicarse, con gran eco internacional, en *The New York Times* (Steer, 1937)<sup>44</sup>.

En tiempo de guerra, la propaganda es un recurso esencial que permite generar información favorable a cada posición, tanto para conseguir apoyo de otras naciones, como para reforzar el de sus propios ciudadanos, con el principal objetivo de la convicción. Sin que esto signifique restar valor artístico a la obra de Picasso, una de las dimensiones del cuadro es su carácter propagandístico. De hecho, “la atención de la prensa mundial se produjo de inmediato” (Avilés, 2017, p. 22).

El valor simbólico del cuadro se acrecentó debido a la inexistencia de imágenes del propio bombardeo (Gautreau, 2010). La obra se convirtió en la única imagen del hecho representado. A partir de los años 40, con el comienzo de la cultura de masas y la necesidad de iconos culturales, au-

---

44 Ver anexo 1.

mentó el valor icónico de la obra. Así, la segunda razón que explica la importancia histórica del cuadro es que no existían imágenes fotográficas de civiles sufriendo a causa del bombardeo, de modo que el *Guernica* se convirtió en la imagen del hecho histórico.

## **El hecho histórico representado: el bombardeo de Guernica**

El bombardeo de Guernica alcanzó, días después de tener lugar, una “gran celebridad” (Muñoz Bolaños, 2017, p. 213), en parte por el carácter simbólico de la ciudad vasca de Guernica y, en gran medida, por el papel de los periodistas en la difusión de las consecuencias del bombardeo, que no fue ni el primero ni el único sobre población civil, ya que, por ejemplo, “unas semanas antes la aviación italiana había bombardeado y ametrallado a civiles en la vecina Durango” (Avilés, 2017, p. 22), pero fue el que más impactó a la opinión pública internacional, debido al simbolismo de Guernica para los vascos.

Se considera acreditado que Guernica fue bombardeada por aviones alemanes el 26 de abril de 1937 y “quedó casi destruida, pues el 70% de sus edificios fueron afectados” (De Pablo, 2010, p. 85). Unos sostienen que se trató de un bombardeo estratégico para bloquear una posible vía de retirada (Muñoz Bolaño, 2017) y otros afirman que el único fin fue atemorizar y desmoralizar (Irujo, 2017).

No existe acuerdo sobre el número exacto de muertos, algunas fuentes hablan de 120 y otras de 300 o incluso más. La propaganda republicana llegó a hablar de miles, lo cual ha sido totalmente descartado. El estudio más reciente sitúa el número de muertos en 126 (Luzarraga, 2008). “Unos 20 aviones de la Legión Cóndor alemana bombardearon durante más de tres horas la localidad vizcaína” (Matud, 2010, p. 67).

El gobierno alemán de Hitler emitió un comunicado el 29 de abril, día en que las tropas franquistas tomaron Guernica, que “desmentía, como era previsible, la participación de aviones alemanes en Guernica” (García López, 2010, p. 39). También Franco intentó negar este hecho durante la guerra e incluso sostuvo que la ciudad fue destruida por los republicanos mediante un incendio provocado. Se habló de la “destrucción roja” (Sánchez-Biosca y Tranche, 2010, p. 51). “Al finalizar la Guerra Civil, la estrategia propagandística del franquismo respecto a Guernica sufrirá una importante modificación. A partir de ese momento, el silencio sobre Guernica será la política oficial” (Matud, 2010, p. 69). La convivencia de dos versiones (la acreditada versión republicana y la franquista que nega-

ba u ocultaba los hechos) se mantuvo “hasta los años sesenta” (Sánchez-Biosca y Tranche, 2010, p. 63).

En respuesta a la pregunta de investigación y a partir de las evidencias presentadas, concluyo que una tercera razón que explica la relevancia histórica del cuadro es que se convirtió en reivindicación de la verdad histórica: las crónicas de los reporteros internacionales y el *Guernica* contrarrestaron las mentiras del franquismo y del nazismo que negaban la existencia del bombardeo y del horror que produjo.

Además, las noticias de los reporteros y la creciente fama del cuadro coincidieron en el tiempo con el ascenso del nazismo y un ambiente prebélico en toda Europa. Las noticias del bombardeo conmocionaron a los ciudadanos europeos y estadounidenses. Guernica representaba el terror a los bombardeos aéreos y, de hecho, el posible bombardeo de población civil se convirtió, a finales de los años 30 y principio de los años 40 (justo antes de la Segunda Guerra Mundial), en un “fantasma colectivo” (García López, 2010, p. 38), que atemorizaba internacionalmente. Este pánico contribuyó a acrecentar la fama del cuadro como expresión del terror generalizado.

## **Picasso como figura histórica**

Nacido en 1881, Picasso tenía 55 años cuando pintó el *Guernica*, siendo ya un pintor consagrado, habiendo adquirido fama mundial en los años 20 y 30 coincidiendo con la explosión de las vanguardias en París. Se hizo famoso fuera de España antes que en su país de nacimiento, “en los años treinta, Pablo Picasso era, en buena medida, un desconocido en España” (Tusell, 2017, p. 25).

## **Compromiso político**

En su juventud, Picasso no pintaba cuadros políticos y no se preocupó públicamente por asuntos políticos hasta 1936, iniciándose su compromiso social con la Guerra civil española. Durante los años 20 y principios de los 30 era considerado un pintor moderno y vanguardista, uno de los jóvenes artistas que rompían con el arte tradicional, especialmente conocido como impulsor del cubismo. Representó la imagen de un hombre cosmopolita avanzado a su tiempo, pero hasta la Guerra civil, no estuvo vinculado con ideas políticas. Sin embargo, su fama artística contribuyó a multiplicar el impacto del *Guernica*.

A las tres primeras razones que explican la relevancia histórica del cuadro hay que sumar una cuarta: Picasso era en 1937 un pintor moderno y vanguardista extraordinariamente famoso.

Está acreditado que estuvo afiliado al Partido Comunista Francés desde 1944 hasta 1952 y que siguió vinculado al comunismo hasta su muerte. Le acompañó una imagen de “referente como artista comprometido” (ibídem, p. 99) en sus últimos años.

### **Artista consagrado**

Picasso llegó a París por primera vez en 1904 y consiguió una gran reputación, lo que le llevó a rivalizar con otros grandes pintores vanguardistas de la época como Matisse. Su fama comenzó por la controversia que causó su cuadro *Las Señoritas de Aviñón* (1907) que algunos llamaron inmoral, mientras otros sencillamente lo consideraban un cuadro sin ningún mérito. Probablemente, la consagración mundial de Picasso tuvo lugar cuando consiguió reconocimiento en Estados Unidos. El periódico español *El Sol* se refirió a una importante exposición de Picasso en París como “el acontecimiento artístico más importante de la última temporada” (Seoane, 1932, p. 3)<sup>45</sup>. La primera exposición con obras de Picasso en España se celebró en enero de 1936 en Barcelona, se trasladó a Bilbao en febrero y a Madrid en marzo, solo cuatro meses antes del estallido de la Guerra civil, según Tusell “la exposición fue un rotundo éxito” (Tusell, 2017, p.32), aunque los críticos se dividieron entre los que detestaron la obra de Picasso y los que la calificaron de genialidad. De cualquier modo, esta exposición hizo consciente al presidente de la República Española de la gran fama de Picasso y causó que poco después de estallar la guerra firmase el decreto “por el que se nombraba director del Museo del Prado a Pablo Picasso” (ibídem, p. 34). A finales de año, se pidió a Picasso colaboración para el pabellón de la República española en la exposición de París en 1937, siendo el *Guernica* el resultado de este encargo.

### **Picasso y el régimen franquista**

El alejamiento de Picasso del régimen franquista se agudizó por su insistencia en que el *Guernica* no se exhibiese en España hasta que no fueran reestablecidas las libertades democráticas. Además, el régimen franquista condenaba la vinculación del artista con el comunismo. En 1951, Dalí, otro famoso pintor, pronunció en una conferencia una de sus ocurrencias más célebres: “Picasso es español. Yo también. Picasso es un genio. Yo también. Picasso tendrá unos 72 años. Yo tendré unos 48 años. Picasso es conocido en todos los países del mundo. Yo también. Picasso es comunista. Yo tampoco.” (Con el Teatro...1951, p. 21). Sin embargo, ya desde 1948, hubo alguna pequeña exhibición de obras de Picasso en salas

---

45 Ver anexo 2.

en Barcelona y, a partir de 1956, prácticamente todos los años una exposición en la sala Gaspar, también de Barcelona. Dada su gran fama internacional, el régimen franquista y el propio Franco no podían evitar reconocer su valía. En 1963, se abrió en Barcelona la colección privada Sabartés (posteriormente llamada Museo Picasso de Barcelona) en la que se expusieron sus obras. La prensa se refirió a esta exposición como “Los Picasso de la colección Sabartés” (Perucho, 1963, p. 13). Como explico a continuación, el régimen franquista comenzó a valorar la posibilidad de reclamar que el *Guernica* viniese a España.

## **El proceso histórico que culmina con la llegada del cuadro a España en 1981: el cuadro como icono de la Transición**

Desde finales de los años 60, el gobierno franquista comenzó a interesarse por la posibilidad de reclamar el *Guernica*, pero no fue hasta la muerte de Franco (1975) cuando estos trámites se aceleraron. La voluntad de Picasso, que falleció en 1973, no estaba recogida en un testamento, pero existían unos documentos que aclaraban que el abogado Ronald Dumas se encargaría de determinar si se cumplían las condiciones establecidas por Picasso para que el *Guernica* viajase a España. Sin embargo, las leyes tanto francesas como españolas concedían derechos a los herederos legales, así que, para evitar disputas judiciales, lo ideal era que todas las partes implicadas llegasen a un acuerdo. Éstas eran el abogado de Picasso, su última viuda y sus hijos, el MoMA (*Museum of Modern Art*, Nueva York), el gobierno de los EEUU y el gobierno de España. Tratándose de un asunto de tal categoría, tuvieron lugar ciertos desacuerdos, entre ellos el creado por la oposición de Maya, una de las hijas de Picasso, a que el cuadro viajase a España, reclamando que debían pasar más años de democracia. Finalmente, Maya aceptó la decisión favorable de la mayoría de sus hermanos.

La llegada del *Guernica* a España se programó entonces para 1981 y fue un hecho de tal importancia que el propio presidente Adolfo Suárez se involucró personalmente en el proceso, así como sucesivos ministros de cultura. Dentro del contexto político, la aprobación de la vigente Constitución democrática española en 1978 fue un hecho muy trascendente y decisivo. Cuando los trámites se estaban acelerando, promovidos por la insistencia del gobierno que quería que el cuadro viajase a España coincidiendo con el centenario del nacimiento de Picasso, tuvo lugar el

golpe de Estado del teniente coronel Tejero, el 23 de febrero de 1981. Aunque el golpe pudiera parecer al principio una dificultad, su rápido abortamiento se convirtió en una prueba de la consolidación de la democracia.

El 24 de julio de 1981, la prensa española (Iñigo Cavero: Nueva York..., 1981, p. 27)<sup>46</sup> recogió las palabras del ministro adelantando que el cuadro viajaría a España en septiembre. Efectivamente, el *Guernica* se expuso en el Museo del Prado en la fecha prevista, respetando la voluntad de Picasso, aunque posteriormente fue trasladado al Museo Reina Sofía.

Recapitulando, se puede afirmar, a partir del análisis histórico, que la primera razón que explica la importancia histórica del cuadro es que fue un encargo, la segunda la inexistencia de fotografías, la tercera su carácter reivindicativo de la verdad, la cuarta la fama artística de su autor y la quinta la vinculación de la obra con la consolidación de la democracia en España: fue tal la insistencia del Estado español para que el *Guernica* se expusiese definitivamente en España, que multiplicó la importancia del cuadro asociándolo a la idea de libertad y democracia.

## **Los grandes ámbitos de interpretación de la obra: interpretación política e interpretación social**

A partir de todo lo analizado surge una pregunta: ¿es el Guernica una obra política o social? Dicho de otro modo, ¿es más un símbolo del antifascismo o, por el contrario, es un grito contra el sufrimiento injusto de las guerras? Una respuesta posible es que las dos interpretaciones han coexistido, aunque, según el momento histórico, una ha tenido más fuerza que la otra.

En los años 30, el cuadro fue principalmente un símbolo político, concibiéndose como una herramienta propagandística. En 1945, al final de la Segunda Guerra Mundial, Picasso hizo referencia al carácter político de su obra: “La pintura no es hecha para decorar las viviendas. Es un instrumento de guerra ofensivo y defensivo contra el enemigo”<sup>47</sup> (Picasso, 2014, p. 38).

Hubo numerosas referencias en la prensa española de la época al bombardeo de Guernica; por ejemplo, en la zona nacional el 30 de abril de 1937 el ABC de Sevilla abrió la primera página con un largo titular:

---

46 Ver anexo 3.

47 “Non, la peinture n’est pas faite pour décorer les appartements. C’est un instrument de guerre offensive et défensive contre l’ennemi” (la traducción al español es propia).

La histórica villa de Guernica fue conquistada ayer para España por las columnas nacionales, que tras de poner en fuga a los restos de la división roja que la defendía, hizo prisionero al jefe de la misma, quedando ocupados además todos los pueblos situados al este de la ría que lleva el nombre de la importante villa mencionada. (La histórica villa..., 1937)

En la zona republicana, el 19 de junio de 1937 el periódico *El Sol* publicaba un artículo en el cual se refería a las instalaciones de la exposición de París como “exponentes de la lucha por la libertad y la independencia” y hacía referencia al *Guernica* como “la bestialidad fascista pintada por Picasso” (Nuestras instalaciones..., 1937, p. 3)<sup>48</sup>. Por otro lado, el 28 de noviembre de 1937, tanto en el periódico *La Libertad* (El cuadro de Picasso “Guernica” será exhibido..., 1937, p. 1)<sup>49</sup> como en *Sociedad Obrera* (Guernica de Picasso premiado..., 1937, p. 2)<sup>50</sup>, fueron publicados dos artículos en los que se explicaba la futura exposición del *Guernica* en las naciones escandinavas, enfatizando que la obra incluía la siguiente frase añadida por el propio artista: *Acto de execración de la agresión de que es víctima el pueblo español*. Este pequeño texto descriptivo resalta el carácter político de la obra, dando por seguro que Picasso pintó el cuadro con objetivo propagandístico para ganar apoyos a la causa republicana y en contra del régimen franquista. La prensa recogió también que el dinero recaudado con las exposiciones se destinó a “enviar víveres a las poblaciones civiles de la España republicana” (La exposición Picasso, en Oxford, 1938, p. 3)<sup>51</sup>.

A pesar de que en los años 30 y 40 predomina la interpretación política, llama la atención que los elementos políticos que Picasso incorporó en los primeros bocetos de la obra (Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, 2017) desaparecieron en la versión final: en un boceto dibujó una hoz y un martillo, claros símbolos comunistas, y en otro un puño en alto. Esta eliminación de elementos políticos sustenta la teoría de que el propio Picasso no quiso limitar el significado de su obra al momento histórico en el que vivía, sino que quiso dotarla de un significado universal de forma intencionada. Así, Picasso sienta las bases para que su obra se convierta en un icono capaz de representar todas las violencias, todo el sufrimiento, “capaz de sumar y unir historias sin anular ninguna” (ídem).

“El cuadro de Picasso se convirtió en un mito, en la pintura más importante de la historia del siglo XX, en la obra maestra de su autor y en

---

48 Ver anexo 4.

49 Ver anexo 5.

50 Ver anexo 6.

51 Ver anexo 7.

icono del pacifismo mundial” (Robles Tardío, 2011, p. 9). Es cierto también que esta mitificación del cuadro ha tenido sus críticos (Saura, 2008).

A pesar de que la finalidad original del cuadro era política, ha sido interpretado como una obra de carácter social. Desde esta perspectiva no sería tanto una protesta antifascista como un desgarrador grito contra el sufrimiento injusto de inocentes. Para algunos, el cuadro “ha sido sobreinterpretado durante mucho tiempo como una declaración política importante”<sup>52</sup> (Hilton, 1975, p. 242). Hay quien ha subrayado que el carácter universal del *Guernica* se promovió como estrategia para restar fuerza política al cuadro: “mientras el *Guernica* estuvo expuesto en el MOMA, todas las referencias a Franco o a la Guerra civil española se eliminaron discretamente del texto explicativo que acompañaba al cuadro” (Van Hensbergen, 2017, p. 222).

Lo cierto es que, ya sea como consecuencia de la intención del artista o por las circunstancias históricas citadas u otras, el *Guernica* se fue lentamente convirtiendo en un icono universal amplísimamente reproducido como explica la cita siguiente:

Guernica es la gran escena trágica de nuestra cultura. Hemos visto su reproducción en pancartas, camisetas, parodias, carteles callejeros, grafitis y todo tipo de soportes destinados a hacer de la imagen una voz de denuncia contra la represión estatal o el ataque armado a cualquier población civil (Borja-Villel y Peiró, 2017, p. 11).

Así, la sexta razón que puede explicar que el *Guernica* haya alcanzado relevancia histórica excepcional es que se ha empleado como símbolo universal del antibelicismo y, como ha dicho la cita anterior, como denuncia contra cualquier represión.

Creo que la verdadera excepcionalidad del *Guernica* reside en su complejidad y en la pluralidad de efectos que puede causar en diferentes personas. Casualmente, tanto mi abuelo paterno como mi abuela materna nacieron en 1937, año en el que fue pintada la obra en cuestión, por lo que los tres cumplen 80 años este año. Para ellos, el cuadro es una mera representación de la Guerra civil española. Por otro lado, mis padres recuerdan la llegada del cuadro a España en 1981, unos meses después del golpe de Estado fallido conocido como el 23-F. A diferencia de mis abuelos, para ellos la llegada del cuadro representó el comienzo del afianza-

---

52 “It has long been over-interpreted as a major political statement” (la traducción al español es propia).

miento de la democracia. Una generación ve en el *Guernica* un episodio de guerra, mientras que la siguiente ve representado en él la Transición. Por último, para mí no evoca tanto un episodio histórico específico, como la irracionalidad del sufrimiento injusto de personas, a causa de cualquier guerra en cualquier lugar del mundo.

## **Conclusiones: síntesis de los motivos que explican la relevancia histórica excepcional del *Guernica* de Picasso**

Tras analizar en profundidad las múltiples razones para explicar la excepcionalidad del *Guernica* de Picasso, podemos concluir que es una mezcla de al menos seis razones que responden a la pregunta de investigación planteada. El *Guernica* ha adquirido una relevancia histórica excepcional porque fue un encargo del gobierno de la II República española en un momento histórico trascendental, porque el bombardeo de la ciudad de Guernica no fue fotografiado y la obra de arte se convirtió en su imagen, porque Franco y Hitler negaron la existencia misma del bombardeo y el cuadro se convirtió en una afirmación de la verdad, porque Picasso era ya un pintor consagrado en los años 30 y el mural fue un ejemplo de vanguardia y modernidad, porque más tarde el *Guernica* se asoció a la recuperación de las libertades políticas en España y, finalmente, porque el lienzo se ha convertido en un icono del antibelicismo y en una denuncia contra la barbarie.

Futuras investigaciones podrían incidir en los aspectos artísticos en los que esta monografía no ha profundizado. Otra línea de investigación futura podría consistir en analizar y comparar con el *Guernica* otras grandes obras de la historia del arte que también han adquirido un carácter icónico y político; por ejemplo, *El Grito* de Edvard Munch o, en el siglo XIX, *La Libertad Guiando al Pueblo* de Eugène Delacroix. Esta investigación se ha limitado a apuntar las principales razones que explican que el *Guernica* haya adquirido una relevancia histórica excepcional, pero pueden existir otras e incluso podrían surgir nuevas en el futuro, ya que se trata de una obra de arte viva y próximas generaciones la sentirán de modo diferente.

Desde 1937, el cuadro ha sido capaz de expresar, enlazar y vincular procesos distintos, tanto históricos como políticos, así como de producir distintos efectos dependiendo de las personas y del tiempo histórico en el que este cuadro era y es observado. El *Guernica* ha sido elevado a la categoría de símbolo internacional del pacifismo universal y de la lucha contra la opresión e injusticia que las guerras conllevan.

También es un símbolo contra la instrumentalización de la vida humana y a favor de los derechos humanos. Es un cuadro lleno de significado con una fuerza expresiva extraordinaria, admirable por sí solo como obra de arte y sobresaliente por la multiplicidad de interpretaciones que permite y el impacto que son capaces de producir.

## Bibliografía

- Avilés, J. (2017). Última hora editorial sobre El Guernica. *El Cultural 16-22 de junio de 2017*, 22-23.
- Berger, J. (1993). *De success and failure of Picasso*. Nueva York: Vintage International.
- Borja-Villel, M. y Peiró, R. (2017). Introducción. En M. Borja-Villel y R. Peiró (Eds.), *Piedad y Terror en Picasso* (pp. 11-15). Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía.
- Clark, T. J. (2013). *Picasso and Truth. From Cubism to Guernica*. Princeton, Nueva Jersey: Princeton University Press.
- De Pablo, S. (2010). Queda en pie el árbol: la imagen cinematográfica del bombardeo de Guernica y el nacionalismo vasco. *Archivos de la Filmoteca, Revista de Estudios Históricos sobre la Imagen, Segunda Época*, 64/65, 82-103.
- García López, S. (2010). Muerte en el cielo: Guernica y el imaginario del bombardeo aéreo en Estados Unidos (1936-1939). *Archivos de la Filmoteca, Revista de Estudios Históricos sobre la Imagen, Segunda Época*, 64/65, 34-43.
- Gautreau, M. (2010). La prensa francesa frente a Guernica: el tratamiento fotográfico de un acontecimiento sin imagen. *Archivos de la Filmoteca, Revista de Estudios Históricos sobre la Imagen, Segunda Época*, 64/65, 18-33.
- Hilton, T. (1975). *Picasso*. Nueva York: Thames & Hudson.
- Irujo, X. (2017). *Gernika*. Madrid: Cátedra.
- Luzarraga, I. (2008, abril 27). Refugios de vida para Guernika. *Diario El Correo*. Recuperado de <http://www.elcorreo.com/vizcaya/20080427/costa/refugios-vida-para-gernika-20080427.html>
- Matud, A. (2010). Guernica en los documentales del NO-DO. *Archivos de la Filmoteca, Revista de Estudios Históricos sobre la Imagen, Segunda Época*, 64/65, 66-81.
- Mille bombes incendiaires lancées par les avions de Hitler et de Mussolini. (1937, abril 28). *L'Humanité*.

- Muñoz Bolaños, R. (2017). *Guernica, una nueva historia*. Barcelona: Espasa.
- Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía. (2017). *Piedad y terror en Picasso, el camino a Guernica*. [Tríptico para visitantes de la exposición]. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Perucho, J. (1963, marzo 16). Los Picasso de la colección Sabartés. *Destino*, p. 13.
- Picasso, P. (2014). *Pablo Picasso, paroles d'artiste*. París: Fage.
- Robles Tardío, R. (2011). *Picasso y sus críticos I*. Barcelona: Editorial de La Central.
- Sánchez-Biosca, V. y Tranche, R. R. (2010). El bombardeo de Guernica no tuvo lugar: imágenes del bando nacional. *Archivos de la Filmoteca, Revista de Estudios Históricos sobre la Imagen, Segunda Época*, 64/65, 44-65.
- Saura, A. (2008). *Contre Guernica*. Milán: Ed. 5 continents.
- Steer, G. (1937, 28 de abril). Historic Basque Town Wiped Out; Rebel Fliers Machine-Guns Civilians. *The New York Times*, pp. 1 y 4. (Anexo 1)
- Tusell, G. (2017). *El Guernica recobrado. Picasso, el franquismo y la llegada de la obra a España*. Madrid: Cátedra.
- Van Hensbergen, G. (2017). *Guernica, la historia de un icono del siglo XX*. Barcelona: Penguin.

### **Artículos de prensa extraídos de la Hemeroteca de la Biblioteca Nacional**

- Con el Teatro María Guerrero invadido por una multitud, pronunció Salvador Dalí el domingo su anunciada conferencia. (1951, 13 de noviembre). *ABC*, pp. 21-22.
- El cuadro de Picasso "Guernica" será exhibido en las naciones escandinavas. (1937, 28 de noviembre). *La Libertad*, p. 1. (Anexo 5)
- Guernica de Picasso premiado en París. (1937, 28 de noviembre). *Sociedad Obrera*, p. 2. (Anexo 6)
- Iñigo Cavero: Nueva York entregará *El Guernica* en septiembre. (1981, 24 de julio). *ABC*, p. 27. (Anexo 3)
- La exposición Picasso, en Oxford. (1938, 28 de diciembre). *Sociedades Obreras*, p. 3. (Anexo 7)

- La histórica villa de Guernica fue conquistada ayer para España... (1937, 30 de abril). *ABC de Sevilla*.
- Nuestras instalaciones en la Exposición de París, exponentes de la lucha por la libertad y la independencia. (1937, 19 de junio). *El Sol*, p.3. (Anexo 4)
- Seoane, R. P. (1932, 24 de agosto). En torno a Picasso. *El Sol*, p. 3. (Anexo 2)

# Anexos

- Anexo 1: Steer, G. (1937, 28 de abril). Historic Basque Town Wiped Out; Rebel Fliers Machine-Guns Civilians. *The New York Times*, pp. 1 y 4.

**"All the News That's  
Fit to Print."**

**The New York Times**

Copyright, 1937, by The New York Times Company

NEW YORK, WEDNESDAY,  
APRIL 28, 1937

Entered as Second-Class Matter,  
Postoffice, New York, N. Y.

VOL. LXXXVI.....No. 28,949.

**REBELS GO SLOWLY  
FOR FEAR OF TRAPS  
IN DRIVE ON BILBAO**

**Wounded Twice in Back at 6th  
Ave. and 12th St.—Several  
See Assailant Escape**

**LEAVING HOME FOR COURT VOTE**

**Legal Papers Wife Says He  
Took From Safe Are Missing  
—Gains After 2 Transfusions**

**PHYSICIAN URGES  
TO PRESS HEALING**

**REBELS GO SLOWLY  
FOR FEAR OF TRAPS**

**SCOURGE OF STREETS  
PROTEST REBEL ACTS**

**PHYSICIAN URGES  
TO PRESS HEALING**

**RAINS  
GALLERIES**

**ORIENTAL RUCS  
TAPETRES**

**THE NEW YORK TIMES**

**WEDNESDAY, APRIL 28, 1937.**

**REBEL AIR RAIDERS  
RAZE BASQUE TOWN**

**THE EMERGENCY ADVANCE ON BILBAO**

**Historic Basque Town Wiped Out;  
Rebel Fliers Machine-Gun Civilians**

*Waves of German-Type Planes Flung Thousands of Bombs  
and Incendiary Projectiles on Guernica, Behind Lines, as  
Priests Bless Penants Filling Town on Market Day*

**By G. L. STEER**

Special cable to the New York Times.

GUERNICA, Spain, April 27.—Five people, where the ancient Basques  
was completing today the destruction of Guernica, a dried old stump  
of the Basques and center of their of 600 years with young new streets  
cultural tradition, which was be- of this century, was also untraceable,  
gu last evening by a terrible on- Have the Kings of Spain used to  
slaugt of General Franco take an oath to respect the demo-  
cratic rights of Vizcaya and in re-  
turn received a promise of allegi-  
ance as auzolan with the demo-  
cratic title of Señor de Vizcaya, not  
King, but Lord, not King, but  
lord. During that time a power-  
ful fleet of airplanes, consisting of  
three German types—fighters and  
Heinkel bombers and Heinkel light-  
ars—did not cease unloading bombs  
weighing up to 1,000 pounds and  
two-pound aluminum incendiary  
projectiles. It is estimated that  
more than 3,000 of these projectiles  
were dropped.

Fighting planes meanwhile plunged  
low from above the center of the  
town to machine-gun those civilians  
who had taken refuge in the fields,  
streets were long besps of red, in-  
fernal flames. An exception  
was seen in flames. An exception  
was the historic Casa de Juntas  
with its rich archives of the Basque

*Continued on Page Four*

**4 ELECTION BILLS  
CHARGE OF 'FIXING'**

**THIRTY MORE KILLED ON THE 18th  
Day of Shelling—Valencia is  
Bombarded From the Sea**

**By WILLIAM F. CARNEY**

Special to The New York Times.

SAN SEBASTIAN, Spain, April  
27.—Three days ahead of the pre-  
arranged schedule for their offer-  
ative on the Bilbao front, the In-  
surgents consolidated positions to-  
day in the El Gueta-Eibar-Marquina  
sector.

The vanguard of General Emilio  
Mola's troops followed his tank

- Anexo 2: Seoane, R. P. (1932, 24 de agosto). En torno a Picasso. *El Sol*, p. 3.

TEMAS ARTISTICOS

EN TORNO A PICASSO

La Exposición Retrospectiva de Pablo Picasso, en las Galerías Georges Petit, de París, ha sido sin duda alguna el acontecimiento artístico más importante de la última temporada en París. Más de un centenar de cuadros narran por sí solos el camino vario que ha recorrido nuestro gran pintor malagueño desde su cuadro "La vida", pintado en 1903 y tantas veces reproducido, hasta llegar a su pintura actual, pasando por sus arlequines y polichinelas de colores suaves, su época de cubismo, considerada por muchos como la cúspide de su pintura, y sus mujeres, de miembros desproporcionados a los, monstruosas bacantes en la naturaleza, pintadas en 1923.

Se aleja con la retina impresionada por la luz tan viva que irradia la mayoría de sus obras; tonos de color que hieren en el gris perenne de París, aun estando acostumbrados a este nuestro sol de España, que a veces nos hace entornar los ojos al ser heridos por su cruda

Este género de pintura causa el escándalo de algunas gentes sencillas, en cuyos cerebros limitadísimos surge de buena fe la idea de que un artista pueda dedicar toda la magna labor de su vida al solo fin de tomar el pelo a un pequeño núcleo de burgueses.

Confieso que no he llegado a descifrar todos esos trazos ingenunos y atrevidos con que Picasso parece querer divertirse en hacernos pensar para llegar a gustar de su complicada sencillez. Pero aun así, he sacado la conclusión de que admiro a Picasso. Admiración inconsciente del espíritu, lo grande en nosotros, bajo el cual se rinden nuestros sentidos, que adivinan sin comprender la belleza que todo aquello encierra: belleza y vigor de arte joven, enemigo en principio de reglas y moldes establecidos.

Picasso tendrá siempre para defenderle una legión de almas jóvenes, que, deseando romper la incompreensión que les rodea, le

EL TIEMPO. Diario periodístico del día 24 de agosto de 1932, a las 10 horas. En Madrid: Número 107. Número 10. En provincias: Número 107. En el extranjero: Número 107. Precio: 10 céntimos el ejemplar. Año XVI.—Núm. 4.650. Madrid, miércoles 24 de agosto de 1932.

Hoy se verá la causa seguida, en juicio sumarísimo, contra los generales Sanjurjo y García de la Herranz, el teniente coronel Infante y el capitán Sanjurjo

Resumen de los hechos según las declaraciones de los procesados y de los testigos

En la tarde de ayer se celebró una sesión de la causa seguida, en juicio sumarísimo, contra los generales Sanjurjo y García de la Herranz, el teniente coronel Infante y el capitán Sanjurjo. El presidente del tribunal, don Juan de Irujo, preside la sesión. Los acusados comparecieron a las 10 y 15 minutos. El fiscal general, don Juan de Irujo, abrió el juicio con un discurso en el que expuso los hechos de la causa y pidió la condena de los acusados a muerte. Los acusados contestaron que no tenían nada que declarar y se retiraron a las 12 y 15 minutos. El juicio continuó con la lectura de los testimonios de los testigos. Los testigos declararon que vieron a los acusados en el momento de salir de la casa de don Juan de Irujo. Los testigos también declararon que vieron a los acusados en el momento de salir de la casa de don Juan de Irujo. Los testigos también declararon que vieron a los acusados en el momento de salir de la casa de don Juan de Irujo.



El general ante sus jueces. Al general Sanjurjo se le acusa de haber participado en el golpe de Estado del 17 de agosto de 1932. El general Sanjurjo declaró que no tenía nada que declarar y se retiró a las 12 y 15 minutos. El juicio continuó con la lectura de los testimonios de los testigos. Los testigos declararon que vieron a los acusados en el momento de salir de la casa de don Juan de Irujo. Los testigos también declararon que vieron a los acusados en el momento de salir de la casa de don Juan de Irujo. Los testigos también declararon que vieron a los acusados en el momento de salir de la casa de don Juan de Irujo.

La declaración de "Sanjurjo". El general Sanjurjo declaró que no tenía nada que declarar y se retiró a las 12 y 15 minutos. El juicio continuó con la lectura de los testimonios de los testigos. Los testigos declararon que vieron a los acusados en el momento de salir de la casa de don Juan de Irujo. Los testigos también declararon que vieron a los acusados en el momento de salir de la casa de don Juan de Irujo. Los testigos también declararon que vieron a los acusados en el momento de salir de la casa de don Juan de Irujo.



El juicio continuó con la lectura de los testimonios de los testigos. Los testigos declararon que vieron a los acusados en el momento de salir de la casa de don Juan de Irujo. Los testigos también declararon que vieron a los acusados en el momento de salir de la casa de don Juan de Irujo. Los testigos también declararon que vieron a los acusados en el momento de salir de la casa de don Juan de Irujo.

- Anexo 3: Iñigo Cavero: Nueva York entregará *El Guernica* en septiembre. (1981, 24 de julio). ABC, p. 27.

El ministro de Cultura se reunió con los periodistas

### Iñigo Cavero: Nueva York entregará el «Guernica» en septiembre

MADRID. Iñigo Cavero, asumiendo su papel de patrón de la nave cultural española, como ministro del ramo se reunió ayer tarde en un almuerzo con los periodistas en un restaurante con nombre de resonancia marinera de alto bordo, de acuerdo con la importancia de la singlatura. Muchos temas en su cuaderno de bitácora y todos importantes, que fueron desgranándose con sencillez y su ya conocida y expedita contundencia informativa. Mil novecientos ochenta y uno ha sido un año de grandes bienes en materias artísticas —exposición de Henry Moore, negociación del «Guernica», grandes retrospectivas de Picasso y de Dalí a la vista— y diversas reconversiones culturales. Con expectativas, pese a todo, muy confortantes.

Tema mayor fue, sin duda, el de la vuelta del «Guernica», el cuadro de Picasso. Cuadro que, por cierto, según opinan los expertos, Josep Renau entre otros, está pintado sobre uno bocetos referidos a la muerte del torero Ignacio Sánchez Mejías, que Picasso cambió cuando recibió el encargo del Gobierno español aplicando sus hallazgos. Iñigo Cavero afirmó que la visita del secretario de Estado de Asuntos Exteriores, señor Robles Piquer, al Museo de Arte Moderno de Nueva York permite seguir manteniendo la opinión optimista. Sólo falta que dentro de poco venga la carta de los directores del museo y ya en septiembre —o a final de octubre, como máximo— podrá celebrarse el acto de entrega. Con la presencia de los herederos del pintor.

#### EL «GUERNICA», EN EL CASÓN

Con toda seguridad el «Guernica» será colocado en el Casón del Buen Retiro, en Madrid, que la magna exposición de Picasso —en la que se trabaja febrilmente en estos momentos, así como en su monumental catálogo— estará montada en el Museo de Arte Contemporáneo.

#### PALACIO DE VILLAHERMOSA

En el repaso, un tanto informal de los temas —los periodistas tuvieron en todo momento la palabra—, le llegó el turno al palacio de Villahermosa, sede hasta ahora de la Banca López Quesada, del que se ha dicho que podría servir de ampliación del Museo del Prado. Iñigo Cavero señaló que el edificio no se transmite al comprador del Banco. Este podrá ser adquirido por el Estado o conservarse de propiedad del Banco de España, aunque reservando el uso para el Museo del Prado. Lo que debe quedar garantizado —afirmó el señor Cavero— es la ampliación de la pinacoteca.

#### UNA TERCERA VÍA PARA SORIA

En la reunión saltaron una vez más temas que se vienen arrastrando desde hace meses. Uno de ellos es el del puente sobre el Duero en Soria. Entre las dos alternativas existentes —la variante Norte, menos costosa para el entorno del Duero, y la variante Sur, más viable y realizable para el Ministerio de Obras Públicas— ahora se establece una tercera solución, que consiste en un túnel que

Seis peticiones al Ministerio de Cultura

### Málaga reclama mayor participación en el centenario de Picasso

MÁLAGA (Francisco Acedo, correspondiente). ABC ha podido conocer las seis peticiones oficiales —de la Comisión organizadora del homenaje a Pablo Ruiz Picasso en Málaga— al Ministerio de Cultura. Estas son: 1) Participación en un 50 por 100 en la adquisición de la casa natal del pintor y colaboración en su restauración y acondicionamiento. 2) Presentación en Málaga de la exposición antológica internacional que hay en Madrid durante mes y medio. 3) El patrocinio del simposio «Picasso y el arte del siglo XX». 4) Exposición del «Guernica» en Málaga. 5) Participación al 50 por 100 en la posible adquisición de obras de Picasso por parte de Málaga. 6) Celebración en Málaga, el 25 de agosto, del acto oficial nacional conmemorativo del centenario. Todas estas peticiones han sido referendadas por los miembros de la Comisión organizadora, habiéndose día que el convenio puede firmarse en Madrid la próxima semana con Javier Tusell, director general de Bellas Artes. Por lo pronto, ayer hubo una reunión con el subdirector general de Artes Plásticas, Alvaro Martínez Novillo.

mente una sapiencia coordinadora y, a lo más, ordenadora.

#### UN DOBLE PATRIMONIO

Anexo 4: Nuestras instalaciones en la Exposición de París, exponentes de la lucha por la libertad y la independencia. (1937, 19 de junio). *El Sol*, p. 3.

## El Pleno de nuestro Comité Central

**"Pasionaria" desarrolla el informe del Buró Político en la primera sesión Y DICE: "RECHAZAMOS TODO LO QUE PUEDA ESTORBAR A LA VERDAD"**

**Hacia el Partido Único del proletariado.—La necesidad de intensificar la producción. La unidad internacional**

El Pleno del Comité Central del Partido Comunista de España, que se celebró ayer en la sede del Buró Político, desarrolló el informe del Buró Político en la primera sesión. En el informe, el Buró Político rechazó todo lo que pueda estorbar a la verdad y afirmó que el Partido Comunista de España debe ser el partido del proletariado y de la unidad internacional. El Pleno también aprobó el programa de intensificación de la producción y la necesidad de una unidad internacional del proletariado.

## LA REPUBLICA ESPAÑOLA ANTE EL MUNDO

Nuestras instalaciones en la Exposición de París, exponentes de la lucha por la libertad y la independencia

El emplazamiento del pabellón español es todo un símbolo.—Las maravillas de nuestro arte y los signos de la libertad.

El Pleno del Comité Central del Partido Comunista de España, que se celebró ayer en la sede del Buró Político, desarrolló el informe del Buró Político en la primera sesión. En el informe, el Buró Político rechazó todo lo que pueda estorbar a la verdad y afirmó que el Partido Comunista de España debe ser el partido del proletariado y de la unidad internacional. El Pleno también aprobó el programa de intensificación de la producción y la necesidad de una unidad internacional del proletariado.

El Pleno del Comité Central del Partido Comunista de España, que se celebró ayer en la sede del Buró Político, desarrolló el informe del Buró Político en la primera sesión. En el informe, el Buró Político rechazó todo lo que pueda estorbar a la verdad y afirmó que el Partido Comunista de España debe ser el partido del proletariado y de la unidad internacional. El Pleno también aprobó el programa de intensificación de la producción y la necesidad de una unidad internacional del proletariado.

- Anexo 5: El cuadro de Picasso "Guernica" será exhibido en las naciones escandinavas. (1937, 28 de noviembre). *La Libertad*, p. 1.

**AÑO XIX**  
**Domingo 28 de Noviembre de 1937**

# La Libertad

**MADRID**  
 Diario republicano independiente

## EL GOBIERNO, EN BARCELONA

### El embajador de España en Londres conferenció extensamente con el ministro de Estado

Madrid, 27.—El presidente del Gobierno, Sr. Galdos, en su viaje a Barcelona, se reunió con el ministro de Estado, Sr. Martínez Barrio, para tratar asuntos de la importancia de las relaciones internacionales. El Sr. Galdos, en su viaje a Barcelona, se reunió con el ministro de Estado, Sr. Martínez Barrio, para tratar asuntos de la importancia de las relaciones internacionales. El Sr. Galdos, en su viaje a Barcelona, se reunió con el ministro de Estado, Sr. Martínez Barrio, para tratar asuntos de la importancia de las relaciones internacionales.

## LA CAMPAÑA CONTRA EL MENDICISMO EN BARCELONA

Los comités de la C. O. E. de Barcelona, en su campaña contra el mendicismo, han organizado una serie de conferencias y exposiciones. El Sr. Galdos, en su viaje a Barcelona, se reunió con el ministro de Estado, Sr. Martínez Barrio, para tratar asuntos de la importancia de las relaciones internacionales.

## EL ITALIANO GAIDA INSISTE EN LA REALIDAD DE LAS DECLARACIONES ATRIBUIDAS A M. CAMPINCHI

El Sr. Gaido, ministro italiano de Asuntos Exteriores, insistió en la realidad de las declaraciones atribuidas a M. Campinchi, ministro de Asuntos Exteriores de España. El Sr. Gaido, ministro italiano de Asuntos Exteriores, insistió en la realidad de las declaraciones atribuidas a M. Campinchi, ministro de Asuntos Exteriores de España.

## CRONICAS DE POETAS

### EL ARTICULO DE "LA MONTAGNE"

En un periódico público, publicado en París, se ha publicado un artículo de "La Montagne" que trata de la guerra civil española. El artículo, firmado por un autor anónimo, critica duramente a los republicanos y a sus líderes. El artículo, firmado por un autor anónimo, critica duramente a los republicanos y a sus líderes.

## NUEVA NOTICIA SOBRE EL MENDICISMO EN BARCELONA

Se ha publicado una nueva noticia sobre el mendicismo en Barcelona. Se ha publicado una nueva noticia sobre el mendicismo en Barcelona. Se ha publicado una nueva noticia sobre el mendicismo en Barcelona.

## LA INDUSTRIA SUDAMERICANA MANTIENE CERCA DE CUARENTA CINCO MIL OBREROS

La industria sudamericana mantiene cerca de cuarenta y cinco mil obreros. La industria sudamericana mantiene cerca de cuarenta y cinco mil obreros. La industria sudamericana mantiene cerca de cuarenta y cinco mil obreros.

## EL GOBIERNO, EN BARCELONA

El Sr. Galdos, en su viaje a Barcelona, se reunió con el ministro de Estado, Sr. Martínez Barrio, para tratar asuntos de la importancia de las relaciones internacionales. El Sr. Galdos, en su viaje a Barcelona, se reunió con el ministro de Estado, Sr. Martínez Barrio, para tratar asuntos de la importancia de las relaciones internacionales.

## EL ITALIANO GAIDA INSISTE EN LA REALIDAD DE LAS DECLARACIONES ATRIBUIDAS A M. CAMPINCHI

El Sr. Gaido, ministro italiano de Asuntos Exteriores, insistió en la realidad de las declaraciones atribuidas a M. Campinchi, ministro de Asuntos Exteriores de España. El Sr. Gaido, ministro italiano de Asuntos Exteriores, insistió en la realidad de las declaraciones atribuidas a M. Campinchi, ministro de Asuntos Exteriores de España.

## CRONICAS DE POETAS

En un periódico público, publicado en París, se ha publicado un artículo de "La Montagne" que trata de la guerra civil española. El artículo, firmado por un autor anónimo, critica duramente a los republicanos y a sus líderes. El artículo, firmado por un autor anónimo, critica duramente a los republicanos y a sus líderes.

## LA INDUSTRIA SUDAMERICANA MANTIENE CERCA DE CUARENTA CINCO MIL OBREROS

La industria sudamericana mantiene cerca de cuarenta y cinco mil obreros. La industria sudamericana mantiene cerca de cuarenta y cinco mil obreros. La industria sudamericana mantiene cerca de cuarenta y cinco mil obreros.

## EL GOBIERNO, EN BARCELONA

El Sr. Galdos, en su viaje a Barcelona, se reunió con el ministro de Estado, Sr. Martínez Barrio, para tratar asuntos de la importancia de las relaciones internacionales. El Sr. Galdos, en su viaje a Barcelona, se reunió con el ministro de Estado, Sr. Martínez Barrio, para tratar asuntos de la importancia de las relaciones internacionales.

## LA INDUSTRIA SUDAMERICANA MANTIENE CERCA DE CUARENTA CINCO MIL OBREROS

La industria sudamericana mantiene cerca de cuarenta y cinco mil obreros. La industria sudamericana mantiene cerca de cuarenta y cinco mil obreros. La industria sudamericana mantiene cerca de cuarenta y cinco mil obreros.

## CRONICAS DE POETAS

En un periódico público, publicado en París, se ha publicado un artículo de "La Montagne" que trata de la guerra civil española. El artículo, firmado por un autor anónimo, critica duramente a los republicanos y a sus líderes. El artículo, firmado por un autor anónimo, critica duramente a los republicanos y a sus líderes.

## LA INDUSTRIA SUDAMERICANA MANTIENE CERCA DE CUARENTA CINCO MIL OBREROS

La industria sudamericana mantiene cerca de cuarenta y cinco mil obreros. La industria sudamericana mantiene cerca de cuarenta y cinco mil obreros. La industria sudamericana mantiene cerca de cuarenta y cinco mil obreros.

**PROPAGANDA ANTIFASCISTA**

## El cuadro de Picasso "Guernica" será exhibido en las naciones escandinavas

Barcelona, 27.—La Galería parisienne Rosenberg ha solicitado del comisario español de la Exposición Internacional de París que le sea prestado el cuadro "Guernica", de Pablo Picasso, que figura en nuestro pabellón, para exhibirlo en una Exposición ambulante que dicha Galería organizará en Oslo, Copenhague y Estocolmo. El comisario español, debidamente autorizado por la Presidencia del Consejo, ha accedido a lo solicitado. El cuadro de Picasso será expuesto con la siguiente frase, que su autor ha añadido al título "Guernica": "Acto de execración de la agresión de que es víctima el pueblo español." Se sabe, por noticias particulares, que a este cuadro le ha sido concedido un gran premio en la Exposición Internacional de París.

- Anexo 6: Guernica de Picasso premiado en París. (1937, 28 de noviembre). *Sociedad Obrera*, p. 2.

**Figura 2** **SOLIDARIDAD OBRERA** **Domingo, 28 noviembre**

**AGUA, PARA LOS COMBATIENTES**

**VIVIERES, PARA LOS COMBATIENTES**

**EL LUNES**  
 Saludo en todos los frentes de guerra.  
 Porvenir  
 Porvenir

**LA UNION DE LOS JOVENES PROLETARIOS SOBRE UN PROGRAMA. CONSOLIDARA LAS CONQUISTAS SOCIALES Y REVOLUCIONARIAS**

**ASAMBLEA SINDICAL**

**PARA MASA**

## "Guernica" de Picasso, premiado en París

Barcelona.—La Galería parisienne Rosenberg ha solicitado del comisario español de la Exposición Internacional de París, que le sea prestado el cuadro "Guernica", de Pablo Picasso, que figura en dicho pabellón, para exhibirlo en una exposición ambulante que la Galería Rosenberg organiza en Oslo, Copenhague y Estocolmo con cuadros de Picasso, Matisse y Braque.

El comisario español, debidamente autorizado por la Presidencia del Consejo, ha accedido a lo solicitado por la Galería Rosenberg.

El cuadro de Picasso será expuesto con la siguiente frase que su autor ha añadido al título "Guernica": "Acto de execración de la agresión de que es víctima el pueblo español." Se sabe, por noticias particulares, que a este cuadro le ha sido concedido un gran premio en la Exposición Internacional de París.

- Anexo 7: La exposición Picasso, en Oxford. (1938, 28 de diciembre). *Sociedades Obreras*, p. 3



*Estudio del sistema binario R Canis Majoris.  
¿Cómo podemos determinar las masas, el  
periodo, velocidades, radios orbitales y radios  
estelares, y su relación con la evolución estelar  
del sistema binario R Canis Majoris?*

*Germán López Arias*



### ***Introducción***

La formación del universo es un aspecto controvertido que ha sembrado la duda en los científicos desde hace décadas y, de la misma forma, ha despertado mi interés. En primer lugar investigué el proceso de formación de las estrellas hasta concluir que, hoy en día hasta, un 80% de las estrellas podrían pertenecer a sistemas binarios: ‘*Las (estrellas) binarias y las múltiples con tres o más estrellas conforman un porcentaje de entre 40 y 80%*’[Carrillo, 2015]. Como nunca había oído hablar de este tipo de sistemas, me impactó la gran importancia de estas estrellas en nuestro universo me llevó a realizar una investigación más detallada sobre ellas.

Esto me llevó a realizar mi investigación sobre la detección y evolución de uno de estos sistemas. Estudiando las curvas de luz, junto con sus velocidades radiales, podemos determinar las masas y radios de las dos estrellas. A partir de estas componentes, podemos estudiar cuál ha sido su evolución.

Para realizar este trabajo, se van a analizar los datos brutos obtenidos del observatorio Nizamiah Japal-Rangapur No. 16 en el año 1982 sobre el siste-

ma binario R Canis Majoris. Escogí esta estrella binaria puesto que se trata de una de tipo eclipsante, lo que implica que el plano de sus órbitas es paralelo a nuestra línea de visión y por lo tanto presentan eclipses en el brillo que observamos de ellas. Además sus órbitas presentan una excentricidad despreciable, por lo que podemos tomarlas como circulares.

El objetivo de este trabajo es determinar la masa, radio de estrella, radio de órbita, velocidad radial, periodo de R Canis Majoris para poder describir la evolución estelar de sus componentes.

La primera parte de la investigación se centró en la construcción de una maqueta de un sistema binario para comprobar la validez del método que se va a usar antes de pasar a los datos reales de R Canis Majoris.

## Fundamentos teóricos

Las estrellas binarias son dos estrellas ligadas por la fuerza de la gravedad que orbitan en torno al centro de masas de ella[Russo, 2017]. El centro de masas es un punto en el espacio que cumple que el producto de la masa y la distancia a éste de cada estrella es igual. En la figura I[Silvera, 2012] se representa un esquema geométrico de un sistema binario.

En la figura II[Vives, 2003] se muestra una órbita que está inclinada con respecto al plano del cielo un ángulo determinado. En esta investigación, se va a estudiar un sistema eclipsante. Este tipo de estrellas binarias se caracteriza porque su inclinación es de  $90^\circ$ . Esta inclinación

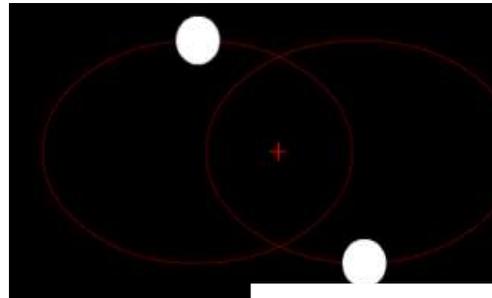


Ilustración 1: Esquema de un sistema binario elíptico

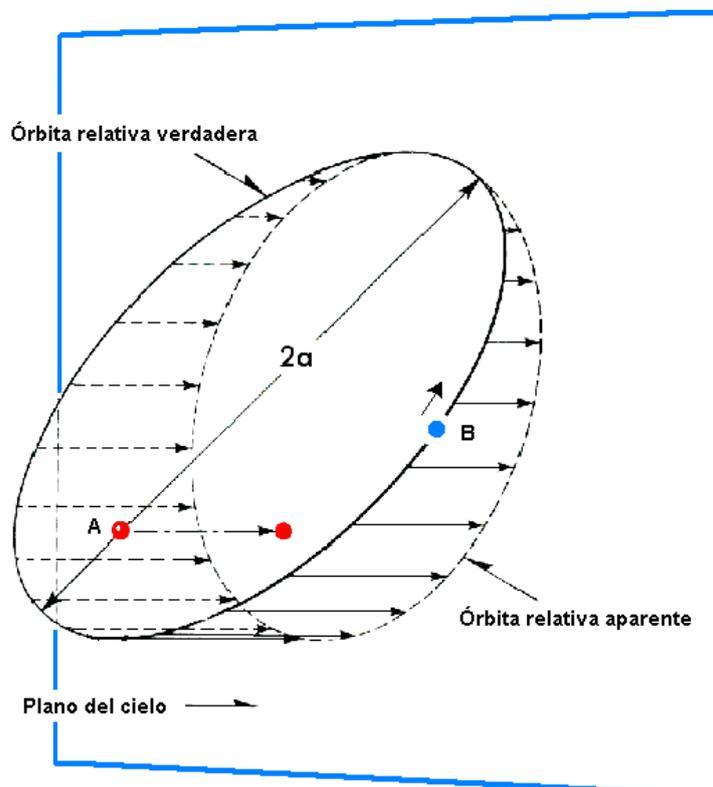


Ilustración 2: Inclinación de una órbita

implica que cuando una estrella pasa por delante de la otra, se produce un eclipse en la luz que recibimos. Con los datos de la luminosidad del sistema que queremos estudiar, obtenemos una curva de luz. Una curva de luz es una representación de la luz que observamos del sistema en los distintos puntos de sus órbitas, de manera que cuando una de las estrellas se oculta por la otra se aprecia una disminución de la luz que recibimos [García, 2014]. En la figura III [Observatorio de París] se muestra una curva de luz de una binaria eclipsante.

Atendiendo a la forma de la órbita, hay que tener en cuenta el parámetro de la excentricidad. Éste es el cociente de la semidistancia focal entre el semieje mayor de la elipse. Este valor se encuentra entre 0 (cuando es un círculo) y 1 (cuando la elipse tiende a un segmento).

Con las curvas de luz, sin embargo, no es suficiente para obtener todos los datos de un sistema binario. Por ello, se utilizan las curvas de velocidad radial como la de la figura IV [Casanova, 2011]

que nos proporcionan información sobre la velocidad radial de cada estrella con respecto a su fase. La velocidad radial de una estrella se define como la componente de la velocidad de ésta en la dirección estrella-objeto. La fase de una estrella indica en qué momento de su periodo se encuentra, tomando un punto inicial arbitrariamente.

En esta investigación nos vamos a centrar en una estrella binaria eclipsante cuya excentricidad tiende a cero, por lo que su órbita es aproximadamente circular. Esto implica que las órbitas son concéntricas y su centro de masas es el centro or-

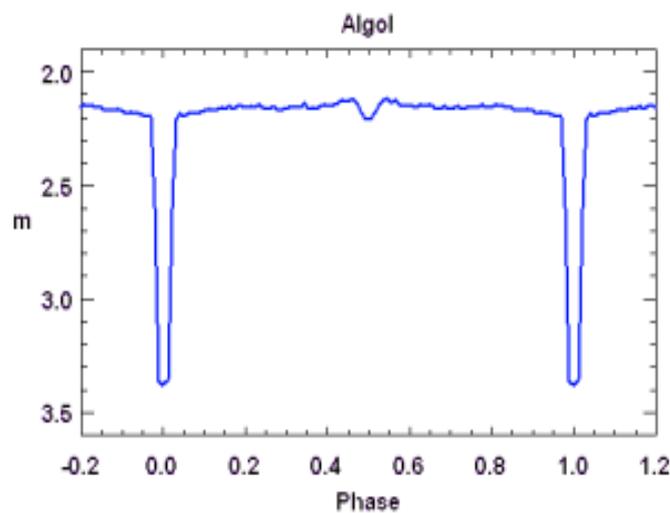


Ilustración 3: Curva de luz del sistema binario Algol

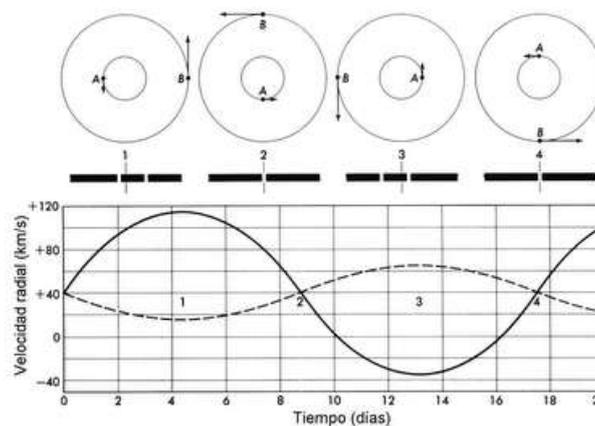


Ilustración 4: Curva de velocidad radial en una órbita circular

bita. Asumiendo esto podemos aplicar que  $a = \frac{v^2}{r}$   $v = \frac{2\pi r}{T}$  y estudiar sus características mediante la Segunda Ley de Newton  $\sum \vec{F} = m\vec{a}$  y la Ley Universal de la Gravitación  $\vec{F} = G \frac{Mm}{r^2} \vec{u}_r$ .

### Maqueta de un tránsito planetario

En este apartado, se va a comprobar experimentalmente el funcionamiento de este método construyendo una maqueta de un sistema binario. A partir de las curvas de luz extraídas de esta maqueta, se va a estimar el periodo y el radio de cada bombilla. El resto de componentes no se pueden calcular de esta manera, puesto que las bombillas giran por la fuerza del motor y no por atracción gravitatoria.

Para construir la maqueta conectamos un motor a una estructura que simule el movimiento de un sistema binario, como podemos ver en la Figura x. Esta estructura, conectada a una fuente de alimentación de 4.5 V, tiene dos bombillas simulando las estrellas de radios  $R_1 = 3.7 \pm 0.1 \text{ cm}$  y  $R_2 = 2.0 \pm 0.1 \text{ cm}$ . La distancia de cada bombilla al centro de masas (o centro de la órbita) es de  $r_1 = 0.132 \pm 0.001 \text{ m}$  y  $r_2 = 0.246 \pm 0.001 \text{ m}$ . Para el análisis de la fotometría se colocó un sensor de iluminancia alineado al sistema. La iluminancia es una magnitud que mide la cantidad de luz por unidad de superficie.

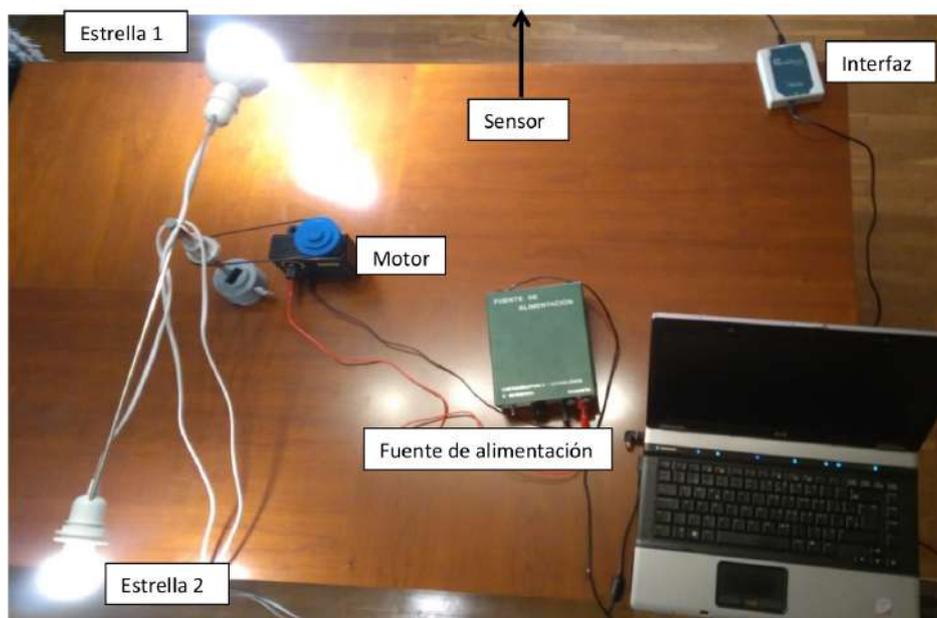


Ilustración 5: Maqueta de un sistema de estrellas binarias

El sensor tiene un rango de medidas de 0 a 600 lux y una sensibilidad de 0,000000001 lux. Éste se conectó a un portátil a través de una in-

terfaz Vernier, la cual procesa los datos con el programa informático Logger Lite 1,9. Los datos que se obtienen tienen un intervalo de 0.05 s, por lo que el error en los tiempos es de  $\pm 0.05$  s. Los datos obtenidos de cuatro periodos completos se pasaron al programa Excel para el análisis. Para hallar el periodo de cada medida, resté el tiempo de dos mínimos primarios. Para hallar el periodo total, hice la media de estos cuatro:

$$T = \frac{28.10\text{ s} + 28.25\text{ s} + 28.20\text{ s} + 28.15\text{ s}}{4} \approx 28.18\text{ s}$$

La incertidumbre en cada periodo viene dada por la suma de las incertidumbres de cada tiempo. La incertidumbre total es, por lo tanto:

$$\Delta T = \pm \frac{0.10\text{ s} + 0.10\text{ s} + 0.10\text{ s} + 0.10\text{ s}}{4} \approx 0.10\text{ s}$$

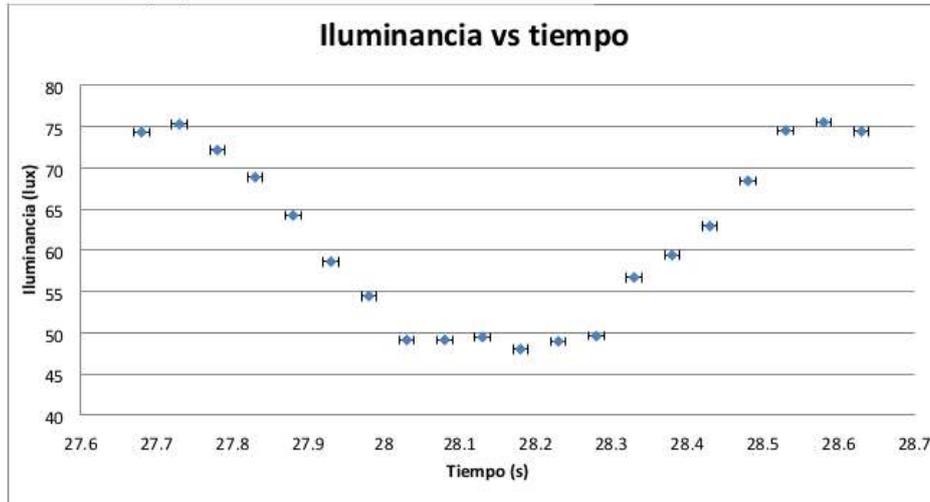
Como el periodo es de  $T = 28.2 \pm 0.1$  s y el sensor de luz proporciona datos cada 0.05 s, se han obtenido aproximadamente 560 datos de cada periodo. Por ello, se ha hecho la media de las cuatro medidas y se han incluido solo los datos de los eclipses en la siguiente tabla.

**Tabla 4: Datos de la maqueta del sistema binario**

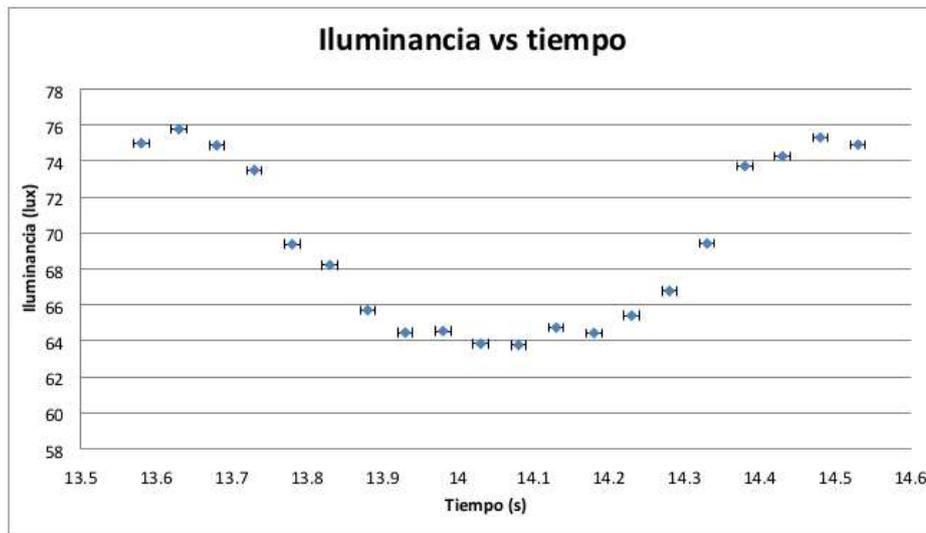
Eclipse primario		Eclipse secundario	
Tiempo t (s) $\Delta t = \pm 0.01$ s	Iluminancia I (lux) $\Delta I = \pm 10^{-10}$ lux	Tiempo t (s) $\Delta t = \pm 0.01$ s	Iluminancia I (lux) $\Delta I = \pm 10^{-10}$ lux
27.68	74.3543819673	13.58	74.9875929094
27.73	75.3092942787	13.63	75.7654910786
27.78	72.1719783032	13.68	74.8706857394
27.83	68.8847680944	13.73	73.4895437816
27.88	64.2490621986	13.78	69.3707522563
27.93	58.6361988591	13.83	68.2089040335
27.98	54.4614064511	13.88	65.6989289633
28.03	49.1293724160	13.93	64.4541733218
28.08	49.1336454739	13.98	64.5409007007
28.13	49.4788488466	14.03	63.8364398246
28.18	48.0232618832	14.08	63.7656249599
28.23	48.9670614330	14.13	64.7332358770
28.28	49.5997423436	14.18	64.4346698699
28.33	56.7176038543	14.23	65.4012887971
28.38	59.4226939645	14.28	66.7710077669
28.43	62.9481138386	14.33	69.4105387432
28.48	68.4415403511	14.38	73.7125715892
28.53	74.5451429318	14.43	74.2621065955
28.58	75.5453625619	14.48	75.3064845958
28.63	74.4307369859	14.53	74.9117744658

Estos datos se han representado en gráficas donde se pueden apreciar los eclipses. En el eje - x se ha puesto la fase en vez del tiempo para

que se pueda apreciar cuándo se dan los mínimos. La fase viene dada por el tiempo entre el periodo.



Gráfica 1: Eclipse primario



Gráfica 2: Eclipse secundario

En las gráficas anteriores observamos un notable descenso en la iluminancia en ambos el eclipse primario y el secundario. A partir de estas gráficas, podemos calcular los radios de cada estrella (bombilla). Para ello, calculamos la velocidad de cada una. Como sabemos su radio orbital y su periodo,

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$v_1 = \frac{2\pi r_1}{T} = \frac{2\pi \times (0.132 \pm 0.001) m}{18.2 \pm 0.1 s} = 0.0456 \pm 0.0006 m s^{-1}$$

$$v_2 = \frac{2\pi r_2}{T} = \frac{2\pi \times (0.246 \pm 0.001) m}{18.2 \pm 0.1 s} = 0.0849 \pm 0.0008 m s^{-1}$$

En la figura VI [Rego & Fernández] se muestran los diferentes intervalos de tiempo en los eclipses de las estrellas (1, 2, 3, 4, 5, 6). El intervalo de tiempo 1 representa el tiempo que tarda la estrella pequeña en ocultarse por completo. De igual forma ocurre con el intervalo 3, 4 y 6. Por lo tanto, la distancia que recorre en ese tiempo es el diámetro de la estrella. También sabemos que los intervalos 2 y 5 representan el tiempo que tarda la estrella pequeña en pasar por delante de la estrella grande. Esa distancia es, por lo tanto, el diámetro de la estrella grande menos el diámetro de la estrella pequeña. Como en los eclipses las estrellas se mueven en direcciones opuestas, la velocidad relativa a la que se mueven es la suma de sus velocidades orbitales.

En nuestro caso, conocemos la velocidad y el tiempo, por lo que  $R_2 = \frac{T_1 \times (v_1 + v_2)}{2}$  y  $R_1 = R_2 + \frac{T_2 \times (v_1 + v_2)}{2}$ . Aplicando las normas de los errores, la incertidumbre de cada medida viene dada por:

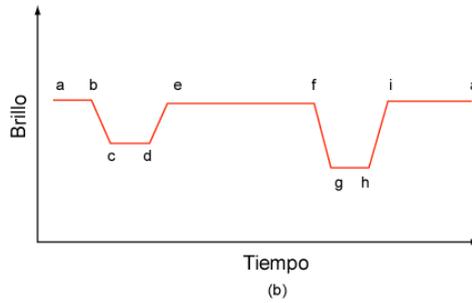
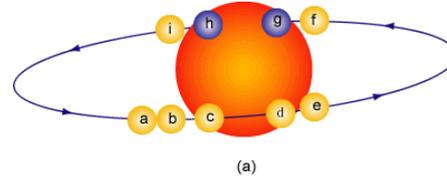
$$\Delta R_2 = \left( \frac{\Delta T_1}{T_1} + \frac{\Delta v_1 + \Delta v_2}{v_1 + v_2} \right) \times R_2$$

$$\Delta R_1 = \Delta R_2 + \left( \frac{\Delta T_2}{T_2} + \frac{\Delta v_1 + \Delta v_2}{v_1 + v_2} \right) \times \frac{T_2 \times (v_1 + v_2)}{2}$$

Aplicando los datos que hemos obtenido:

$$R_2 = \frac{(27.95 - 27.65) \times (0.0456 + 0.0849)}{2} = 0.0196 m$$

$$R_1 = 0.0196 + \frac{(28.2 - 27.95) \times (0.0456 + 0.0849)}{2} = 0.0359 m$$



Gráfica 3: Representación gráfica de una curva de luz

$$\Delta R_2 = \left( \frac{0.05+0.05}{27.95-27.65} + \frac{0.0006+0.0008}{0.0456+0.0849} \right) \times 0.0196 = 0.006 m$$

$$\Delta R_1 = 0.006 + \left( \frac{0.05+0.05}{28.2-27.95} + \frac{0.0006+0.0008}{0.0456+0.0849} \right) \times \frac{(28.2-27.95) \times (0.0456+0.0849)}{2} = 0.014 m$$

Por lo tanto,  $R_1 = (3.6 \pm 1.4) cm$  y  $R_2 = (2.0 \pm 0.6) cm$

Comparando los resultados con las mediciones iniciales de las bombillas ( $R_1 = (3.7 \pm 0.1) cm$  y  $R_2 = (2.0 \pm 0.1) cm$ ) observamos que el resultado que hemos obtenido es razonable, con la incertidumbre abarcando el valor real y el valor obtenido.

## R Canis Majoris

### Descripción

La estrella R Canis Majoris es una estrella binaria de la constelación Can Mayor. Se trata de una estrella binaria que tiene tres componentes, de las cuales la tercera es casi imperceptible (probablemente una enana roja). En este trabajo se van a estudiar las otras dos componentes que forman un sistema interactuante. Esto implica que, al situarse tan cerca entre ellas, se produce una transferencia de masa.

Según *The Astronomical Journal* el periodo es de  $T = 1.1359 \pm 0.0001$  días, y la mayor componente tiene un radio de  $R_1 = 1.48 \pm 0.10 R_s$  y una masa de  $M_1 = 1.07 \pm 0.02 M_s$  CITATION Var99 \l 3082 (Varricatt & Ashok, 1999). La segunda componente tiene un radio  $R_2 = 1.06 \pm 0.07 R_s$  y una masa  $M_2 = 0.17 \pm 0.02 M_s$ , siendo  $R_s$  y  $M_s$  la medida de radio y masa solar CITATION Var99 \l 3082 (Varricatt & Ashok, 1999). La excentricidad del sistema es  $e = 0.49 \pm 0.05$  y la inclinación  $i = 91.7 \pm 4.7^\circ$ , por lo que para el trabajo se va a asumir una excentricidad cero (órbita circular) y una inclinación de  $90^\circ$  (perpendicular) CITATION Var99 \l 3082 (Varricatt & Ashok, 1999).

Para nuestro estudio se han utilizado los datos obtenidos por K.R. Radhakrishnan y M.B.K. Sarma en 1982 en Nizamiah Japal-Rangapur observatorio número 16. Estos datos se dividen en los de las curvas de luz y los de las velocidades radiales. Las curvas de luz constan de 874 medidas del tiempo en Días Julianos Heliocéntricos, las magnitudes y la incertidumbre de estas. Se escoge esta medida del tiempo para que las diferentes posiciones de la Tierra no influyan en las mediciones. A continuación incluyo una muestra de los datos con los que se va a trabajar.

Tabla 5: Datos de un eclipse primario de R Canis Majoris

<b>Fecha Juliana Heliocéntrica HJD (días) <math>\Delta</math> HJD = <math>\pm</math> 0.0001 día</b>	<b>Magnitudes Mag <math>\Delta</math> Mag = <math>\pm</math> 0.005</b>
4647.1027	0.248
4647.1093	0.284
4647.1132	0.297
4647.1190	0.323
4647.1218	0.334
4647.1270	0.364
4647.1296	0.380
4647.1360	0.419
4647.1389	0.443
4647.1445	0.480
4647.1470	0.513
4647.1528	0.562
4647.1556	0.588
4647.1618	0.636
4647.1646	0.654
4647.1704	0.700
4647.1735	0.735
4647.1797	0.760
4647.1823	0.786
4647.1877	0.788
4647.1901	0.792
4647.1958	0.783
4647.1987	0.781
4647.2039	0.759
4647.2068	0.745
4647.2135	0.692
4647.2174	0.653
4647.2255	0.582
4647.2284	0.556
4647.2377	0.472
4647.2412	0.453
4647.2468	0.414
4647.2503	0.381
4647.2574	0.340
4647.2602	0.330
4647.2661	0.295
4647.2697	0.290
4647.2775	0.258
4647.2808	0.256

Fecha Juliana Heliocéntrica HJD (días) $\Delta \text{HJD} = \pm 0.0001 \text{ día}$	Magnitudes Mag $\Delta \text{Mag} = \pm 0.005$
4647.2866	0.240
4647.2904	0.235
4647.3081	0.225
4647.1027	0.248

Como mayores magnitudes indican menor luminosidad, podemos apreciar un mínimo primario puesto que las magnitudes ascienden desde 0.2 hasta 0.8 aproximadamente. Los datos de las velocidades radiales se incluirán en el apartado de determinación de los radios de órbita.

### ***Determinación del periodo***

Para determinar el periodo se ha medido el tiempo en un periodo (desde mínimo hasta mínimo) para obtener:  $T = 4607.4395 - 4606.2929 = 1.15 \text{ días}$ . El valor de la incertidumbre de cada medida se obtiene haciendo la media entre el valor menor y el valor mayor de la medida del mínimo primario, puesto que sabemos que el mínimo se encuentra en ese rango. De esta manera tenemos que,  $\Delta T = 0.01 + 0.01 = 0.02 \text{ días}$ , y por lo tanto,  $T = 1.15 \pm 0.02 \text{ días}$ .

Para hallar el periodo con una mayor exactitud, se ha dividido el tiempo entre dos mínimos primarios entre los que hay unos 25 días de diferencia, entre el periodo obtenido anteriormente, para dar 21.89 periodos. Como el número de periodos entre dos mínimos tiene que ser un número entero, se ha asumido que hay 22 periodos y se ha hecho la misma cuenta que arriba:  $\Delta T = \frac{0.01 + 0.01}{22} = \pm 0.001 \text{ días}$  y  $T = \frac{4632.3983 - 4607.4395}{22} = 1.135 \pm 0.001 \text{ días}$ .

Para conseguir un valor más exacto todavía, se hace el mismo procedimiento pero desde el primer mínimo primario hasta el último mínimo primario, para dar 360.46 periodos. Asumimos, como antes, que hay 360 periodos, por lo que:  $\Delta T = \frac{0.01 + 0.01}{360} = \pm 0.0001$  y  $T = \frac{5015.2381 - 4606.2919}{360} = 1.1360 \pm 0.0001 \text{ días}$ .

**Determinación de los radios de órbita**

Para el estudio de los radios orbitales de las estrellas vamos a atender a los datos de las velocidades radiales. Asumimos siempre que las órbitas son circulares, puesto que la excentricidad de éstas es despreciable. A continuación presento dos tablas con los datos de las velocidades radiales de cada componente:

**Tabla III: Velocidad radial de la componente 1**

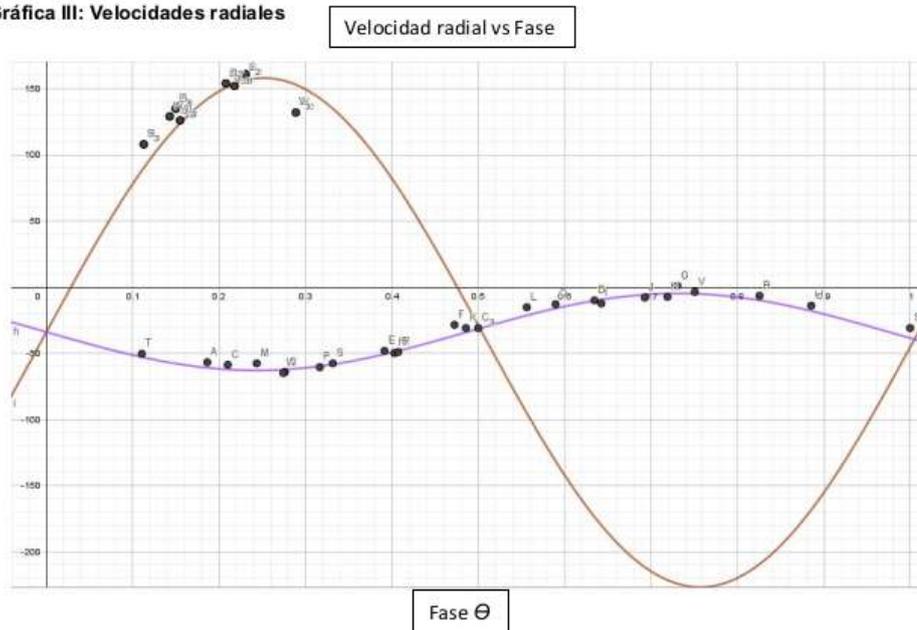
Fecha Juliana Heliocéntrica HJD (días) $\Delta \text{HJD} = \pm 0.0001 \text{ día}$	Velocidad radial $V_r$ (km/s) $\Delta V_r = \pm 3.4 \text{ km/s}$
4534.922	-56.9
4604.944	-6.6
4657.637	-58.8
4662.663	-10.1
4665.795	-48.2
4891.951	-28.6
4955.860	1.0
5070.583	-7.4
5071.632	-12.4
5071.689	-8.0
5072.590	-31.0
5072.670	-15.3
5074.587	-57.7
5309.920	-49.9
5310.912	-64.2
5310.958	-60.6
5324.900	-13.0
5325.829	-49.1
5326.879	-57.7
5327.764	-50.4
5371.812	-14.1
5372.795	-3.7
5392.702	-65.0

**Tabla IV: Velocidad radial de la componente 2**

Fecha Juliana Heliocéntrica HJD (días) $\Delta$ HJD = $\pm$ 0.0001 día	Velocidad radial $V_r$ (km/s) $\Delta V_r = \pm$ 9 km/s
4600.860	161
5393.697	135
5396.660	-227
5662.887	108
5663.006	152
5719.734	126
5751.694	132
5752.665	129
5752.738	154

Represento estos datos en una misma gráfica, pasando los datos del tiempo a fase.

**Gráfica III: Velocidades radiales**



En la gráfica observamos que cuando la fase es 0, existe una velocidad común de -34 km/s en ambas estrellas. La velocidad radial en los mínimos primarios (fase igual a 0) debe ser cero puesto que la estrella ni se aleja ni se acerca con respecto a nosotros, sino que se desplaza hacia un lado. La velocidad de -34 km/s indica por lo tanto que el sistema se está alejando de nosotros con esta velocidad. Para obtener las velocidades ra-

diales sin tener en cuenta dicho desplazamiento, sumamos 34 km/s a todas las velocidades.

La velocidad orbital viene dada por el máximo valor de la velocidad radial, como se ha explicado en el apartado teórico. Por lo tanto, la velocidad orbital de cada estrella es  $V_1=29\pm 3\text{ km/s}$  y  $V_2=192\pm 9\text{ km/s}$ . Aplicando  $v=\frac{2\pi R}{T} \rightarrow R=\frac{vT}{2\pi}$ , podemos obtener los radios orbitales de cada estrella. Para que sea más visual he expresado los radios de las órbitas a radios solares.

$$R_{1o}=\frac{29\frac{\text{km}}{\text{s}} \times 1.136 \times 24 \times 3600\text{ s}}{2\pi}=4.53 \times 10^5\text{ km} \times \frac{1 R_s}{6.957 \times 10^5\text{ km}}=0.651 R_s$$

$$R_{2o}=\frac{192\frac{\text{km}}{\text{s}} \times 1.136 \times 24 \times 3600\text{ s}}{2\pi}=3.00 \times 10^6\text{ km} \times \frac{1 R_s}{6.957 \times 10^5\text{ km}}=4.31 R_s$$

$$\Delta R_{1o}=\left(\frac{3}{29}+\frac{0.0001}{1.1360}\right) \times 0.651 R_s=\pm 0.07 R_s$$

$$\Delta R_{2o}=\left(\frac{9}{192}+\frac{0.0001}{1.1360}\right) \times 4.31 R_s=\pm 0.2 R_s$$

Por lo tanto,

$$R_{1o}=0.65\pm 0.07 R_s$$

$$R_{2o}=4.3\pm 0.2 R_s$$

### **Determinación de las masas**

A partir de los datos que hemos obtenido, somos capaces de calcular las masas de cada estrella. Para ello, realizamos el método que se ha explicado anteriormente, por el cual:

$$\sum \vec{F}=m\vec{a} \rightarrow \frac{GM_1M_2}{(R_{1o}+R_{2o})^2}=\frac{M_1v_1^2}{R_{1o}} \rightarrow M_2=\frac{v_1^2(R_{1o}+R_{2o})^2}{GR_{1o}}$$

Las masas de las estrellas se van a indicar en masas solares para una mayor interpretación de las cifras. Por lo tanto,

$$M_1=\frac{(1.92 \times 10^5\text{ m/s})^2(4.5 \times 10^8\text{ m}+3.0 \times 10^9\text{ m})^2}{6.67 \times 10^{-11}\frac{\text{m}^3}{\text{kg s}^2}3.0 \times 10^9\text{ m}}=2.19 \times 10^{30}\text{ kg} \times \frac{1 M_s}{1.989 \times 10^{30}\text{ kg}}=1.10 M_s$$

$$M_2=\frac{\left(2.9 \times \frac{10^4\text{ m}}{\text{s}}\right)^2(4.5 \times 10^8\text{ m}+3.0 \times 10^9\text{ m})^2}{6.67 \times 10^{-11}\frac{\text{m}^3}{\text{kg s}^2}4.5 \times 10^8\text{ m}}=3.34 \times 10^{29}\text{ kg} \times \frac{1 M_s}{1.989 \times 10^{30}\text{ kg}}=0.168 M_s$$

$$\Delta M_1 = M_1 \left( 2 \frac{\Delta v_2}{v_2} + 2 \frac{\Delta(R_{1o} + R_{2o})}{R_{1o} + R_{2o}} + \frac{\Delta R_{2o}}{R_{2o}} \right) = 1.10 M_s \left( 2 \times \frac{9}{192} + 2 \times \frac{0.27}{4.95} + \frac{0.2}{4.3} \right) = \pm 0.3 M_s$$

$$\Delta M_2 = M_2 \left( 2 \frac{\Delta v_1}{v_1} + 2 \frac{\Delta(R_{1o} + R_{2o})}{R_{1o} + R_{2o}} + \frac{\Delta R_{1o}}{R_{1o}} \right) = 0.168 M_s \left( 2 \times \frac{9}{192} + 2 \times \frac{0.27}{4.95} + \frac{0.2}{4.3} \right) = \pm 0.07 M_s$$

Las masas de las dos componentes del sistema binario son:

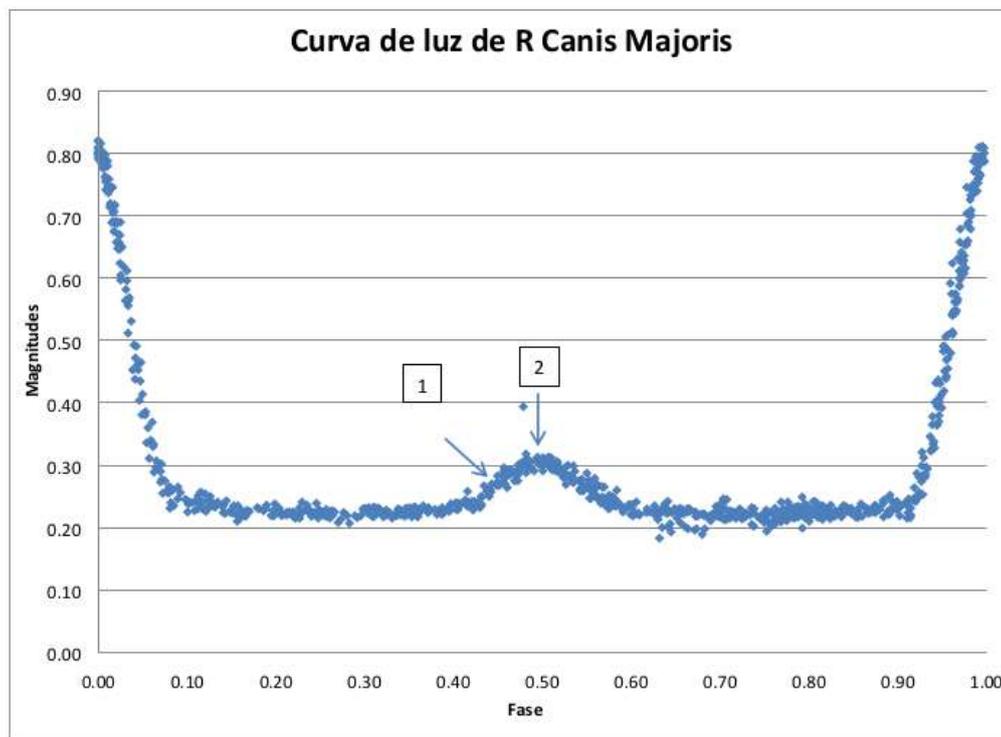
$$M_1 = 1.1 \pm 0.3 M_s$$

$$M_2 = 0.17 \pm 0.07 M_s$$

### ***Determinación de los radios de las estrellas***

Para determinar los radios de cada una de las estrellas, vamos a analizar la siguiente curva de luz que representa los 874 datos de luminosidad que tenemos en función de la fase.

**Gráfica X: Curva de luz de R Canis Majoris**



En la gráfica se aprecian claramente dos picos que representan el mínimo primario y el mínimo secundario. A continuación vamos a utilizar el mismo método que utilizamos para averiguar los radios de las bombillas de la maqueta, con esta gráfica. La incertidumbre en la fase viene dada por el intervalo que cada punto representa. Por ejemplo, el punto 1

representa el intervalo en el que la estrella empieza a ocultarse. Este dato varía entre 0.417 y 0.423. Por lo tanto,  $\theta_1 = 0.420 \pm 0.003$ . De la misma manera tenemos que  $\theta_2 = 0.490 \pm 0.003$  y  $\theta_3 = 0.510 \pm 0.003$ . Aplicamos las fórmulas

$$R_2 = \frac{T(\theta_2 - \theta_1) \times (v_1 + v_2)}{2} = 7.59 \times 10^5 \text{ km} \times \frac{1 R_s}{6.957 \times 10^5 \text{ km}} = 1.09 R_s$$

$$R_1 = R_2 + \frac{T(\theta_3 - \theta_2) \times (v_1 + v_2)}{2} = 9.76 \times 10^5 \text{ km} \times \frac{1 R_s}{6.957 \times 10^5 \text{ km}} = 1.40 R_s$$

$$\Delta R_2 = R_2 \left( \frac{\Delta T}{T} + \frac{\Delta(\theta_2 - \theta_1)}{\theta_2 - \theta_1} + \frac{\Delta(v_1 + v_2)}{v_1 + v_2} \right) = \pm 0.15 R_s$$

$$\Delta R_1 = \Delta R_2 + (R_1 - R_2) \left( \frac{\Delta T}{T} + \frac{\Delta(\theta_3 - \theta_2)}{\theta_3 - \theta_2} + \frac{\Delta(v_1 + v_2)}{v_1 + v_2} \right) = \pm 0.26 R_s$$

Por lo tanto tenemos que,

$$R_1 = 1.4 \pm 0.3 R_s$$

$$R_2 = 1.1 \pm 0.2 R_s$$

### ***Evolución estelar***

A partir de los datos que hemos obtenido, y la teoría estelar desarrollada por los científicos, podemos describir cómo ha evolucionado el sistema R Canis Majoris.

La primera estrella tiene un radio de  $1.4 R_s$  y una masa de  $1.1 M_s$ . Por ello, el ratio masa-radio es aproximadamente 1. Esto implica que es una estrella de la secuencia principal. Este tipo de estrellas se caracteriza porque se encuentran en la etapa de combustión de hidrógeno en el núcleo. Un ejemplo de este tipo de estrellas es el Sol. Sin embargo, la segunda estrella tiene una masa similar a la del sol y un radio de un 17% el del Sol. Esto implica que la segunda estrella ya ha quemado todo el helio del núcleo y ha salido de la secuencia principal.

Según la evolución estelar, las estrellas más masivas abandonan antes la secuencia principal, por lo que reacciona todo el helio del núcleo más rápidamente. Las estrellas más masivas tienen más combustible para quemar, pero la presión a la que se somete su núcleo es muy superior por lo que la velocidad de combustión es mucho mayor. Esto implica que su combustible se agota antes, y su vida en la secuencia principal es menor.

Sin embargo, en nuestro caso, la estrella de menor masa ha abandonado la secuencia principal antes que la de mayor masa. Esta contradicción es la llamada Paradoja de Algol, la cual puede ser causada por un intercambio de masa. De esta manera, la segunda componente le habría cedido gran parte de su masa a la primera. Esta afirmación concuerda con

las distancias entre ellas, que es (desde los puntos más cercanos) aproximadamente  $2.45 R_s$ .

El lóbulo de Roche es la zona alrededor de la estrella en la cual la materia no puede escapar. En un sistema binario como el que tenemos, los lóbulos de Roche de cada estrella sobrepasan el punto de Lagrange en el que el campo gravitatorio es nulo y por lo tanto aparece un espacio en el cual se permite la transferencia de masa.

Si aplicamos este criterio, el ratio masa-radio de la primera componente debería de ser mucho mayor que el ratio común en una estrella de la secuencia principal, como tenemos. Esto se debe a que el sistema que tenemos no es conservativo y por lo tanto se produce un viento estelar que hace que escape una cierta cantidad de masa al espacio en forma de polvo cósmico. Se estima que la masa desprendida al espacio por el sistema es de  $0.9 M_s$  CITATION Var99 \l 3082 (Varricatt & Ashok, 1999).

Por lo tanto, en un comienzo la segunda componente era mayor y por ello salió de la secuencia principal antes para convertirse en una estrella subgigante, aunque ha perdido gran parte de su masa debido al viento estelar. Por otro lado, la primera componente, al ser menor, aún no ha salido de la secuencia principal. A este tipo de sistemas de transferencia de masas no conservativo se les llama Algol tipo 2.

### Conclusión

Después de estimar el periodo y los radios de una maqueta de un sistema binario, se comprobó que la precisión del método que hemos utilizado es razonable y no precisa de un material avanzado común en un laboratorio de astrofísica. Analizando las curvas de luz y las curvas de velocidad radial, se ha determinado para el sistema binario R Canis Majoris un periodo de  $T=1.1360\pm 0.0001$  días, unos radios orbitales  $R_{1o}=0.65\pm 0.07 R_s$  y  $R_{2o}=4.3\pm 0.2 R_s$ , unas masas de  $M_1=1.1\pm 0.3 M_s$  y  $M_2=0.17\pm 0.07 M_s$ , y unos radios estelares de  $R_1=1.4\pm 0.3 R_s$  y  $R_2=1.1\pm 0.2 R_s$ . A partir de sus características, se ha deducido su evolución estelar, catalogando el sistema como un Algol tipo 2.

La incertidumbre relativa que se ha obtenido ha sido en muchos casos cercana al 20%, la cual es ligeramente alta. Para disminuir ésta, se podría acceder a una fuente de datos mayor que nos permita además de reducir el error, comparar y contrastar datos. Para futuras investigaciones se podría incluir a los métodos utilizados, otros como el de determinación de temperatura de cada estrella mediante diferentes filtros aplicados al telescopio.

Puesto que para nuestro estudio, hemos asumido una inclinación de  $90^\circ$  y órbitas carentes de excentricidad, se podrían estudiar estos parámetros y cómo influyen en nuestros métodos de detección. A pesar de todo, en muchos casos estas investigaciones se ven limitadas por la escasez y la dificultad de obtener datos en la red.

## Referencias y bibliografía

- Carrillo, C. A. (2015). *Fantasia y Realidad: Sorprendentes revelaciones*. Bloomington: American Bible Society.
- García, E. (11 de Noviembre de 2014). *Los fundamentos del análisis de curvas de luz*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2017, de <http://astrogea.org/var2/basics~1.htm>
- Russo, A. E. (2017). *Estrellas binarias*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2017, de <http://estrellasbinarias.com.ar/>
- Varricatt, W. P., & Ashok, N. M. (1999). *NEAR-INFRARED PHOTOMETRIC STUDIES OF R CANIS MAJORIS*. Ahmedabad, India: THE ASTRONOMICAL JOURNAL.

## Imágenes

- Casanova, V. (28 de Junio de 2011). *Algol, la estrella endemoniada*. Obtenido de <http://www.astrofiscayfisica.com/2011/06/algol-la-estrella-endemoniada-parte-2.html>
- Observatorio de París. (s.f.). *Los parámetros de la órbita y la curva de luz*. Obtenido de <https://media4.obspm.fr/public/VAU/masa/binario/eclipses/orbita-curva-luz/OBSERVER.html>
- Rego, M., & Fernández, M. J. (s.f.). *Binarias eclipsantes o fotométricas*. Obtenido de [http://atenea.pntic.mec.es/Antares/modulo5/m5\\_u105.html](http://atenea.pntic.mec.es/Antares/modulo5/m5_u105.html)
- Silvera, E. (1 de Marzo de 2012). *Un viaje por las estrellas*. Obtenido de <http://www.emiliosilveravazquez.com/blog/2012/03/01/ano-internacional-de-la-astronomia-2009-en-espana-aia-ia2009/>
- Vives, T. (2003). *Estrellas Binarias*. Recuperado el 27 de Octubre de 2017, de <http://www.portalciencia.net/vives1/vives1.html>

# *El equilibrio entre el entorno y el mobiliario urbano bajo el desarrollo de un nuevo diseño de parada de autobús*

*Pablo Alberto Martí Villalba*



## ***Introducción***

Colmenar Viejo es un municipio español de 48.614 habitantes <sup>53</sup> de la zona norte de la Comunidad de Madrid, próximo al Parque Nacional de Guadarrama e incluso con parte de su territorio dentro del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares. La excepcionalidad de su entorno permite disfrutar desde él de una de las mejores vistas de la sierra de Guadarrama:



*Figura 1: Colmenar Viejo y la Sierra de Guadarrama al fondo*

---

<sup>53</sup> Instituto de Estadística. Ficha municipal: Colmenar Viejo [http://www.madrid.org/ICMdownload/ficha\\_CBR6C.pdf](http://www.madrid.org/ICMdownload/ficha_CBR6C.pdf) [Consulta: 8 de febrero de 2018]

La localización es uno de los atractivos principales del municipio, que ha experimentado un continuo crecimiento demográfico en la última década <sup>54</sup>. Como consecuencia, este desarrollo se ha traducido en una destacable expansión urbanística.



Figura 2: Expansión urbanística entre 2002 y 2018 de la zona sur y oeste de Colmenar Viejo

En la Fig. 2 se observa una tendencia de expansión en forma de “C” invertida. Esta expansión se corresponde con los proyectos urbanísticos de *Navallar* (cian) y *La Estación* (rojo) <sup>55</sup>. Éste último proyecto supuso la incorporación en 2008 de Colmenar Viejo a la línea C4 de cercanías y la ampliación de las líneas de transporte público de autobuses. Por otro lado, el proyecto *Navallar* ha supuesto la construcción de 527 viviendas <sup>56</sup> y unas vías de conexión con el resto del municipio.

Visto el desarrollo demográfico y urbanístico de Colmenar podemos afirmar que es un municipio en vías de desarrollo y, como tal, precisará de una ampliación progresiva de los servicios ofrecidos. Así, al igual que ocurrió con *La Estación*, el proyecto *Navallar* requerirá de unos servi-

---

54 Comunidad de Madrid. Datos de población de Colmenar Viejo [http://www.madrid.org/cs/Satellite?c=CM\\_InfPractica\\_FA&cid=1354221880916&language=es&pagename=ComunidadMadrid%2FEstructura&pv=1354250136855](http://www.madrid.org/cs/Satellite?c=CM_InfPractica_FA&cid=1354221880916&language=es&pagename=ComunidadMadrid%2FEstructura&pv=1354250136855) [Consulta: 28 de noviembre de 2017]

55 Sistema de Información Territorial de la Comunidad de Madrid. Planeamiento urbanístico <http://www.madrid.org/cartografia/sitcm/html/visor.htm> [Consulta: 10 dic. 2017]

56 IGESPLAN Proyectos Urbanos. *Plan Parcial de Ordenación, Proyecto de Urbanización y Dirección Facultativa de las obras del Sector 8 "Navallar" del Plan General de Ordenación Urbana de Colmenar Viejo* [http://www.igesplan.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=149:col-vpec&catid=37:p-urbanismo&Itemid=113](http://www.igesplan.com/index.php?option=com_content&view=article&id=149:col-vpec&catid=37:p-urbanismo&Itemid=113) [Consulta: 10 de diciembre de 2017]

cios de transporte público. Sin embargo, dada la excepcionalidad del paisaje natural, la introducción de las infraestructuras de transporte no puede coincidir con el procedimiento convencional que atiende únicamente a funcionalidad y no distingue entre entornos.

Dentro de las infraestructuras de transportes, esta investigación se centra en las paradas de autobús como mobiliario urbano con capacidad suficiente para alterar el paisaje. Se establece así el objetivo de la investigación en plantear un diseño de una parada de autobús para la zona de *Navallar* en Colmenar Viejo que permita suplir las necesidades pertinentes a la vez que se ajuste y respete al máximo posible la excepcionalidad del entorno, realzando la naturaleza y nuestra experiencia de ella.

## Análisis

Esta sección recoge la información que puede determinar el diseño de la parada.

## Ubicación

Con el fin de optimizar las características de la parada se determina un punto concreto para su instalación, que ha resultado ser la Avenida de Adolfo Suárez (línea naranja discontinua) dado que se trata de la avenida más amplia (dos carriles en cada dirección) y transitada de la zona. Además, se ha tenido en cuenta la proximidad de esta avenida a las viviendas construidas, dado que la nueva parada debe suplir sus necesidades más inmediatas.

Para desarrollar esta idea, en la *Fig. 4* se muestra el plano de transportes de Colmenar Viejo ampliado a la zona de *Navallar*. Sobre él se han trazado, con centro en las paradas de la zona, circunferencias de radio igual a la distancia a la parada más cercana. De esta forma nos aseguramos de que el lugar seleccionado no quede demasiado próximo al resto de paradas. Como vemos, ningún punto de la avenida seleccionada (línea discontinua naranja) queda cubierto por la red de transportes en su tramo de *Navallar* si atendemos a este criterio de proximidad.



Figura 3: Plano de transportes públicos de Colmenar Viejo para la zona de *Navallar* y sus proximidades [2]



Figuras 4 y 5: Ensanchamiento del pavimento donde se ubicará la parada

Tras descartar las zonas cercanas a las rotondas para evitar un entorpecimiento del tráfico, finalmente se ha seleccionado un ensanchamiento de la acera (línea cian en Fig. 5) para disponer de un espacio amplio para la instalación, mantener la acera liberada y para facilitar el tránsito de los viandantes.

## Medio

### Orientación

La primera característica del medio que condiciona el diseño de la parada es su orientación.



Figura 6: Mapa topográfico de la zona de Navallar y sus proximidades [3]

Se ha elegido la acera oeste por su cercanía a la naturaleza (Fig. 6). Esta orientación tiene dos efectos principales sobre el diseño de la parada: los asientos de la parada estarán orientados hacia el este y por lo tan-

to deben protegerse del sol de las mañanas y, por otro lado, los atardeceres tendrán lugar por la parte trasera de la parada, sobre las montañas, lo que determinará el diseño si se quiere aprovechar este evento natural para favorecer la relación usuario-entorno.

### ***Desnivel***

El desnivel de la zona proviene de dos superficies. En primer lugar la carretera, cuya pendiente ha sido calculada experimentalmente. De un mapa topográfico <sup>57</sup> se obtuvo la diferencia de altura ( $h$ ) entre los extremos de la cuesta, que resultó ser de 18 metros. Para la longitud ( $l$ ) no se tomó el valor que ofrece el satélite ya que éste proporciona la proyección horizontal ( $p$ ). El valor se obtuvo, pues, haciendo una marca sobre la rueda de una bicicleta y contando las vueltas que ésta daba al bajar la cuesta en línea recta. Después se multiplicó este número por el perímetro de la rueda y se calculó la pendiente por triangulación (Fig. 7).

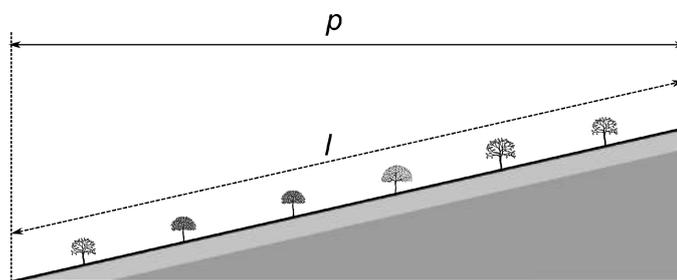
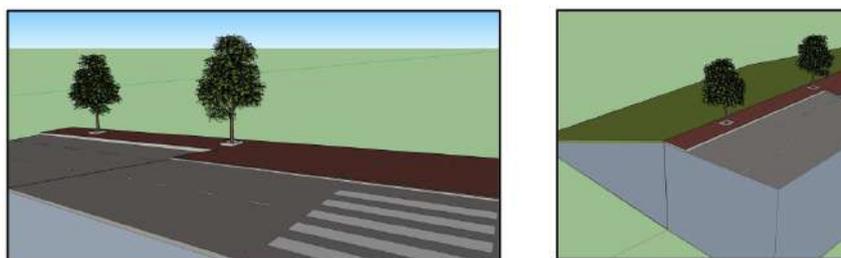


Figura 7: Sección de la avenida y variables implicadas en el cálculo de la pendiente.

Por otro lado, la zona de campo que comienza en el lado de la acera opuesto al de la carretera presenta una pendiente irregular de la cual no se puede obtener un valor exacto. En las Figuras 8 y 9 se muestra una reproducción tridimensional del lugar realizada con SketchUp.



Figuras 8 y 9: Reproducción tridimensional de la zona en cuestión

57 Topographic-map.com. Comunidad de Madrid <http://es-es.topographic-map.com/places/Comunidad-de-Madrid-989022/> [Consulta: 28 de diciembre de 2017]

## **Vientos**

Las paradas convencionales suelen ubicarse en zonas más urbanas donde los edificios las protegen de los fuertes vientos. En nuestro caso, sólo los vientos procedentes del este (que llegarían de frente) quedan apaciguados por edificios. Por lo tanto, es por los otros tres puntos cardinales por donde se debe proporcionar una protección.

Dependiendo del clima el aprovechamiento del viento en la arquitectura persigue diferentes finalidades. Mientras que en los fríos se buscará la protección, en los cálidos se preferirán unas condiciones de ventilación. Para el primer caso, las superficies han de disponerse perpendiculares a la dirección del viento para evitar corrientes desagradables <sup>58</sup>. Para el otro caso, Giorgio Rigotti establece que los ángulos comprendidos entre los 30 y 40 grados con la dirección del viento se muestran como los óptimos para asegurar una ventilación de las estructuras, ya que el viento se descompone en corrientes tangentes a las fachadas <sup>59</sup>.

Colmenar Viejo presenta un clima mediterráneo continentalizado. Los inviernos son frescos con temperaturas bajo cero ocasionales mientras que los veranos son muy calurosos, con temperaturas medias superiores a los 25 °C <sup>60</sup>. Por todo esto, la estructura deberá tanto asegurar la protección de los vientos fríos de invierno como facilitar una ventilación en los meses más calurosos.

## **Precipitaciones**

Las precipitaciones rondan los 700 mm al año y se concentran en ciertos meses del año (invierno y primavera) <sup>61</sup>. La marquesina deberá tener por tanto una mínima pendiente que permita la evacuación del agua.

## **Marco legal**

Selección de la información legal que puede afectar al diseño:

---

58 De Terán Troyano, Fernando. *La ciudad y el viento*. Arquitectura: Revista Colegio de Arquitectos de Madrid (COAM). Nº 49, 1963. Pág. 44.  
<http://oa.upm.es/10954/1/laciudadyelviento.pdf>

59 Ídem. Pág. 43.

60 Instituto de Estadística. Estación meteorológica de Colmenar Viejo (FAMET). 1990-2010. Climogramas  
<http://www.madrid.org/iestadis/fijas/estructu/general/otros/descarga/clehkog3.pdf> [Consulta: 4 enero de 2018]

61 Instituto de Estadística. Estación meteorológica de Colmenar Viejo (FAMET). 1990-2010. Climogramas  
<http://www.madrid.org/iestadis/fijas/estructu/general/otros/descarga/clehkog3.pdf> [Consulta: 6 de enero de 2018]

- El Real Decreto 1544 de 2007 que regula las condiciones básicas de accesibilidad de los medios de transporte establece <sup>62</sup>:
  - La parada deberá señalizarse con una franja de todo el ancho de la acera que contraste con respecto a ésta. Además, en el bordillo de la parada se instalará otra franja de color amarillo vivo y ancho mínimo de 40 cm.
  - El acceso a las marquesinas deberá tener un ancho mínimo de 90 cm.
  - Los cerramientos verticales transparentes dispondrán de dos bandas de colores horizontales por toda su extensión de entre 5 y 10 cm de ancho. Estarán a una altura de 70-80 y 140-170 cm desde el suelo.
  - Dispondrá al menos de un apoyo isquiático o un asiento de altura  $45 \pm 2$  cm.
- De La Ley número 8 de 1993 de Promoción de la Accesibilidad y Supresión de Barreras Arquitectónicas <sup>63</sup> obtenemos que la parada:
  - Debe ser accesible para todas las personas, incluidas aquellas con movilidad reducida. Si además aspiramos a crear un espacio clasificable como *adaptado*, debemos garantizar la utilización de forma autónoma de las personas con movilidad reducida.
  - No puede constituir un obstáculo para el tránsito peatonal. Por ello, los elementos salientes como la marquesina deberán sobresalir a una altura superior a 2,1 metros.

## Dimensiones

Como apuntan Charles Moore y Gerald Allen, todo lo que vaya a ser usado o frecuentado por las personas “*tiene necesariamente una escala humana*” <sup>64</sup>. Por ello, los elementos cuyas dimensiones no vienen reguladas por ley se han diseñado a partir de un estudio ergonómico y antropométrico de las proporciones del cuerpo humano para asegurar la comodi-

---

62 Agencia Estatal. Boletín Oficial del Estado. Nº 290, 4 dic. 2007, págs. 49948-49975  
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-20785> [Consulta: 21 dic. 2017]

63 Legislación de la Comunidad de Madrid. Ley 8/1993, de 22 de junio, de Promoción de la Accesibilidad y Supresión de Barreras Arquitectónicas. [http://www.madrid.org/wleg\\_pub/secure/normativas/contenidoNormativa.jsf?opcion=VerHtml&nmnorma=482&cdestado=P#no-back-button](http://www.madrid.org/wleg_pub/secure/normativas/contenidoNormativa.jsf?opcion=VerHtml&nmnorma=482&cdestado=P#no-back-button) [Consulta: 21 de diciembre de 2017]

64 Moore, Charles y Allen, Gerard. *Dimensiones de la arquitectura: Espacio, forma y escala*. 1976. Editorial Gustavo Gili, Barcelona. Pág. 29

dad de los usuarios. Las medidas corporales se han tomado del libro *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*<sup>65</sup>, un estudio completo que incluye también las dimensiones de objetos como sillas de ruedas.

## **Fundamentos estéticos para la introducción en el entorno natural**

Esta sección atiende a la forma de introducir elementos en su entorno. Se trata del aspecto por el que se propone un diseño alternativo: la adecuación de la parada al lugar en el que se encuentra es el elemento que la diferencia del resto de paradas. Para alcanzar este objetivo se van a estudiar las sensaciones que el paisaje evoca en el ser humano para posteriormente seleccionar elementos que permitan extender éstas al interior.

### ***Paisaje y pensamiento***

El escritor Saint-Exupéry se refiere al paisaje de la siguiente forma:

*“El paisaje [...] es mezcla de jadeo y de reposo de los músculos después del esfuerzo”*<sup>66</sup>.

En otras palabras, la naturaleza sugiere una sensación de descanso y tranquilidad, una percepción que queremos mantener en el interior de la parada para convertir así el tiempo de espera en agradable.

A la hora de encontrar las razones por las que el paisaje es capaz de evocar estas sensaciones, la artista Anne Cauquelin explica:

*“Cuando admiramos el paisaje, no nos sentimos incómodos por la imposición de condiciones”*<sup>67</sup>.

En los espacios cerrados vivimos acostumbrados a que la perspectiva y sus límites den forma a nuestras sensaciones. Sin embargo, en la naturaleza, elementos como el horizonte pueden generar efectos totalmente opuestos:

*“Entre el lugar en el que estoy y el horizonte se dibuja un recorrido que asume todas las acciones que yo puedo llevar a cabo en ese momento. Detrás del horizonte, algo se mantiene en reserva: el misterio de lo invisible”*<sup>68</sup>.

---

65 Panero, Julius y Zelnik, Martin. *Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Estándares antropométricos*. 1979. Ediciones G. Gili, Barcelona.

66 Saint-Exupéry, Antoine de. *Ciudadela*. 1948. Alba Editorial. Capítulo 31.

67 Cauquelin, Anne. *Paisaje y pensamiento*. 2006. Editorial Abada, Madrid. Pág. 173.

68 Cauquelin, Anne. *Paisaje y pensamiento*. 2006. Editorial Abada, Madrid. Pág. 176-177.

Es decir, la capacidad de la naturaleza de transmitir una sensación de libertad y tranquilidad proviene de su continuidad <sup>69</sup>. Edmund Burke se refiere a este mismo concepto como *la infinidad*. Dice de ésta que tiene “una tendencia a llenar la mente con aquella especie de horror delicioso que es la prueba más verdadera de lo sublime” <sup>70</sup>.

### **Arquitectura y pensamiento**

Como hemos visto, la infinidad es el principio de la naturaleza. Mantener esta propiedad debería ser la pauta para introducir elementos en ella. Para lograrlo debemos recurrir a la uniformidad:

*“La uniformidad constituye el infinito artificial [...] No se puede fijar un límite en ninguna parte [...] La imaginación encuentra en cada cambio un obstáculo”* <sup>71</sup>.

Para reducir los obstáculos visuales del paisaje y conservar su infinidad, la parada no puede ser una gran estructura ya que los edificios grandes y con demasiados ángulos producen un efecto contrario al deseado. Además, en las construcciones en la naturaleza uno se siente empujado ante la grandiosidad del mundo natural por lo que hay que “aspirar a lo compacto para intensificar la percepción de los alrededores” <sup>72</sup>. No obstante, no es necesario renunciar a la amplitud y la sensación de grandeza. Tal y como apunta el diseñador Shigeru Uchida: “minimizando el tamaño y volumen de una estructura se puede conseguir un efecto inverso en la percepción de la misma” <sup>73</sup>.

La transparencia, que hace posible la visualización del exterior, nos permitiría crear una estructura pequeña a la vez que evitaría una sensación claustrofóbica. El efecto buscado sería similar al que produce el Mirador natural de Maryhill (Washington, EE UU):

*“Sugiere más bien la idea de apertura que de clausura, y permite al visitante percibir el entorno que lo rodea [...] más que concretar la atención en el espacio interior de la propia estructura”* <sup>74</sup>.

---

69 Ídem. Pág. 175.

70 Burke, Edmund. *Indagación filosófica sobre el origen de nuestras ideas acerca de lo sublime y de lo bello*. 2005. Alianza Editorial. Pág. 54.

71 Ídem. Pág. 55.

72 Richardson, Phyllis. XS: *Grandes ideas para pequeños edificios*. 2001. Editorial Gustavo Gili, Barcelona. Pág. 17.

73 Richardson, Phyllis. XS: *Grandes ideas para pequeños edificios*. 2001. Editorial Gustavo Gili, Barcelona. Pág. 19.

74 Ídem. Pág. 70.

Para lograr esta transparencia, una estructura abierta sería la disposición óptima. Sin embargo, la parada debe cumplir también las funciones de refugio frente a las inclemencias del tiempo y transmitir una sensación de protección. Para ello hay que dotar a la parada de asientos y espacio suficiente, al igual que hizo Peter Eisenman en su *anti-parada* de Aquisgrán (Alemania)<sup>75</sup>.

Estos dos conceptos, el de la transparencia y el refugio, son compatibles y así lo demostró Dan Hoffman en su recinto para buzones comunitarios de Cranbrook (EE UU). En él Hoffman hacía uso de pilares para “proporcionar los beneficios tanto de la transparencia como del refugio”<sup>76</sup>:

“El resultado es un interior iluminado que invita a permanecer en él por más tiempo del necesario”<sup>77</sup>.

El uso de estos pilares satisfaría también la opinión de Camillo Sitte, quien subrayaba “la importancia de mantener la solidez de las esquinas [...] para que el espacio no pueda escapar”<sup>78</sup>. El arquitecto optaba porque los espacios fuesen contenidos y prefería que las estructuras no se difuminasen por completo.

Por último, para completar el equilibrio que sugiere la naturaleza, recurriremos a la simetría. Andrea Palladio abogaba por la búsqueda de un espacio *sereno y cuidadosamente proporcionado*<sup>79</sup> a través de la simetría<sup>80</sup>. Sin embargo, existen autores que argumentan en contra de una simetría total o perfecta como principio del canon apuntando que ésta no juega un papel tan evidente en los seres vivos<sup>81</sup>.

## Arquitectura y paisaje

Le Corbusier persiguió en sus obras la relación entre la naturaleza y la arquitectura. En su publicación “*Los cinco puntos de una nueva arquitectura*” de 1927 en la revista *L'Esprit Nouveau*, el arquitecto resume los

---

75 Ídem. Pág. 93.

76 Ídem. Pág. 60.

77 Ídem. Pág. 59.

78 Moore, Charles y Allen, Gerard. *Dimensiones de la arquitectura: Espacio, forma y escala*. 1976. Editorial Gustavo Gili, Barcelona. Pág. 18.

79 Ídem. Pág. 20

80 Calzerrada Zamora, Félix. *Las matemáticas y la arquitectura*. Pág. 21.

[http://matematicas.uclm.es/ita-cr/web\\_matematicas/trabajos/84/matematicas\\_arquitectura.pdf](http://matematicas.uclm.es/ita-cr/web_matematicas/trabajos/84/matematicas_arquitectura.pdf) [Consulta: 3 de febrero de 2018]

81 Burke, Edmund. *Indagación filosófica sobre el origen de nuestras ideas acerca de lo sublime y de lo bello*. 2005. Alianza Editorial. Pág. 70-71.

principios que dictaron su técnica <sup>82</sup>. A continuación se muestran aquellos que son aplicables al diseño de pequeñas estructuras como la nuestra:

- El hormigón armado permite liberar los espacios de muros de carga que condicionan la distribución del espacio <sup>83</sup>.
- Se puede liberar la fachada de sus funciones estructurales mediante el uso de pilares (a los que se refería como *pilotis*) que permiten construirla en voladizo:

*“Las fachadas ya no son más que membranas livianas de paredes”* <sup>84</sup>.

- La liberación del espacio interior permite que se desplieguen ventanas horizontales por todo el ancho de la fachada con las que *“se consigue eliminar el límite entre el interior y el exterior”* <sup>85</sup>.

## Diseño conceptual

Esta sección se corresponde con el desarrollo de ideas a través de diseños conceptuales. En ellos se barajaron diferentes propuestas que surgieron a partir de la información obtenida y de otros factores subjetivo como la inspiración. En la *Fig. 10* se muestran algunos bocetos de esta fase intermedia:

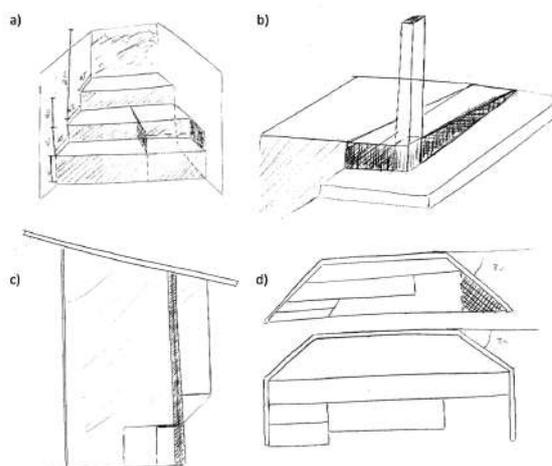


Figura 10: Selección de bocetos

82 Foundation Le Corbusier. Apartamento-Estudio de Le Corbusier. Pág. 6.

[www.fondationlecorbusier.fr/CorbuCache/2049\\_4226.pdf](http://www.fondationlecorbusier.fr/CorbuCache/2049_4226.pdf) [Consulta: 7 enero de 2018]

83 Foundation Le Corbusier. The La Roche House. Pág. 6-7 [Traducción propia]

[http://www.fondationlecorbusier.fr/CorbuCache/2049\\_4186.pdf](http://www.fondationlecorbusier.fr/CorbuCache/2049_4186.pdf) [Consulta: 7 de enero de 2018]

84 Foundation Le Corbusier. The La Roche House. Pág. 7 [Traducción propia]

[www.fondationlecorbusier.fr/CorbuCache/2049\\_4186.pdf](http://www.fondationlecorbusier.fr/CorbuCache/2049_4186.pdf) [Consulta: 7 de enero de 2018]

85 Ídem. Pág. 6. [Traducción propia]

## Diseño detallado

El diseño conceptual permitió alcanzar un resultado que se elaboró en la plataforma SketchUp.

### Forma



Figura 11: Vista frontal del resultado

El resultado es una parada con capacidad para acomodar entre 6 y 8 personas sentadas más otra con movilidad reducida (Fig. 11). Para alcanzar esta capacidad, hemos creado una parada con una disposición en alturas que recuerda al teatro griego pero elevado del paisaje en lugar de introducido en él. Esta doble altura hace compatible una amplia demanda de los servicios con una estructura compacta que minimice el impacto en el paisaje.



Figura 4: Vista posterior del resultado

La decisión de ubicar la parada sobre el extremo de la acera más próximo al campo es favorable funcionalmente ya que evita un entorpecimiento de la vía pública y permite a los usuarios visualizar el autobús con mayor antelación. Además, conseguimos dar un carácter volumétrico diferenciador a la estructura y logramos una integración humana en el paisaje desde diferentes ángulos de visión.

Desde el exterior, la transparencia permite mantener el paisaje liberado de grandes estructuras que lo entorpezcan. Aún así, los *pilotis* que sostienen la marquesina cierran las esquinas para evitar que la estructura se difumine por completo en el paisaje.

Desde el interior, la sensación de pertenencia se maximiza: la transparencia que nos proporcionan los cristales junto con el suelo abierto al exterior y la fila de asientos en voladizo (que recuerda a las fachadas de Le Corbusier) son los elementos encargados de hacer al usuario percibir el entorno por todos sus sentidos.

Funcionalmente, la forma de la marquesina permite evacuar el agua de la lluvia hasta la zona de vegetación, además de proteger a los usuarios del sol de las mañanas y desplegar información sobre la línea de transportes. Estéticamente, la marquesina es la encargada de convertir el ventanal del fondo en un punto de fuga que coincida con el horizonte, estimulando así el pensamiento humano, como propone Anne Cauquelin. Permite también ver el atardecer, un evento que intensifica el vínculo naturaleza-humano. Este ventanal se dispone por todo el ancho como proponía Le Corbusier, aunque con tres superficies. Esta peculiar disposición de los cristales viene dada por la forma de prisma de la pieza que los sustenta. La superficie central de este ventanal queda perpendicular a la dirección de los vientos fríos procedentes de la Sierra y, a la vez, las otras dos superficies que lo cierran forman 30 grados con la dirección de los vientos laterales, para descomponerlos en corrientes menores que, en invierno no enfrían en mayor medida la estructura puesto que sigue quedando cerrada, pero sí consiguen una ventilación para los meses de verano.

## Estructura y ensamblaje

El diseño de la estructura se ha realizado por módulos y la presentación del resultado final seguirá el orden del correspondiente proceso de ensamblaje.

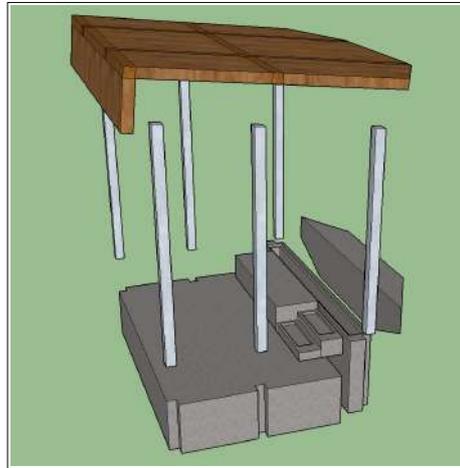
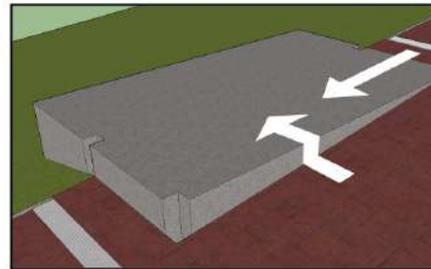
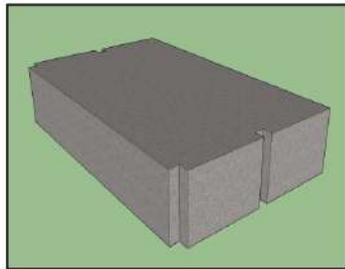


Figura 5: Resumen del ensamblaje



Figuras 14 y 15: Módulo base

En primer lugar, para compensar el desnivel y facilitar el acceso de sillas de ruedas, se ha optado por hacer un terraplén en lugar de un desmonte. El módulo base, que se entierra para asegurar una fijación correcta al suelo, invade el pavimento para crear dos accesos (Fig. 15). El acceso lateral está diseñado para personas con movilidad reducida y tiene un ancho que supera los 90 cm (120 exactamente) que exigía la normativa para permitir el paso de sillas de ruedas. El resto de personas pueden optar por usar este acceso o bien el peldaño desigual de la parte delantera.

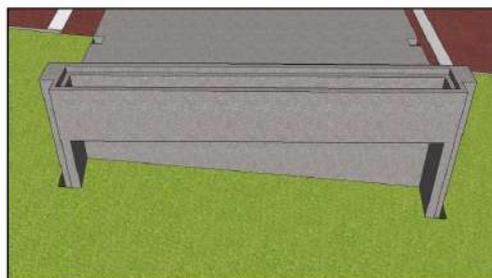
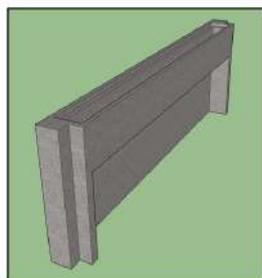
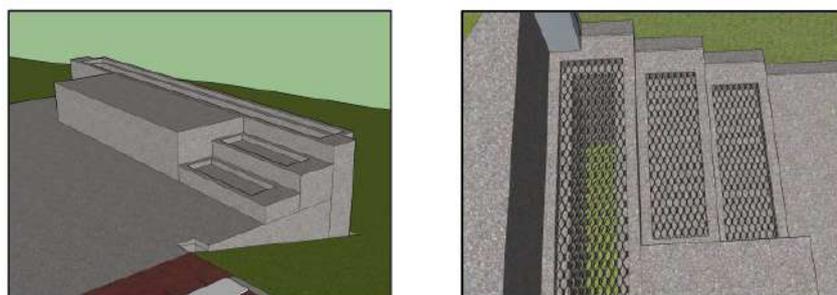


Figura 6: Módulo base de la parte posterior

La siguiente pieza también forma parte de la base de la estructura. Su complejidad se debe a que su zona superior debe quedar abierta para encajar una rejilla que deje la superficie de los pies de los usuarios de la segunda fila abierta al exterior. La parte inferior trasera también queda abierta para preservar el desarrollo de la vegetación (Fig. 17). Son los laterales y la lámina que recorre el fondo de la pieza los que quedan disponibles para fijarla al suelo.

Una vez instalados los módulos base se añaden los asientos de la primera fila y los peldaños de acceso al segundo nivel (Fig. 18). En estos últimos se introducirán también unas rejillas donde se acumularán los restos de tierra del calzado de aquellos que acceden al segundo nivel ya que sus pies quedarán al mismo nivel que los asientos de la primera fila (Fig. 19). Las dimensiones de la huella y contrahuella de los peldaños (35 y 15 cm respectivamente) se han establecido mediante un estudio antropométrico del pie<sup>86</sup> para que no resulten incómodos de subir y, a la vez, no sobresalgan por delante del banco y supongan un obstáculo.



*Figuras 18 y 19: Banco y peldaños interiores y Rejillas insertadas en los peldaños y el módulo base posterior*

El banco corrido tiene capacidad para que tres personas puedan mantener cómodamente los codos extendidos<sup>87</sup>. La altura del asiento se corresponde con la establecida en El Real Decreto 1544 mientras que la profundidad abarca la distancia estándar nalga-poplíteo<sup>88</sup> con un margen de 20 cm para evitar el contacto con los pies de los usuarios de atrás. A la izquierda de este banco se ha dejado un espacio libre reservado para personas con movilidad reducida cuyas dimensiones se adecúan a las de una silla de ruedas. Se escogió este lado para disponer de espacio suficiente desde la entrada para maniobrar<sup>89</sup>. La anchura de este espacio es la misma

---

86 Panero, Julius y Zelnik, Martin. *Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Estándares antropométricos*. 1979. Ediciones G. Gili, Barcelona. Pág. 112.

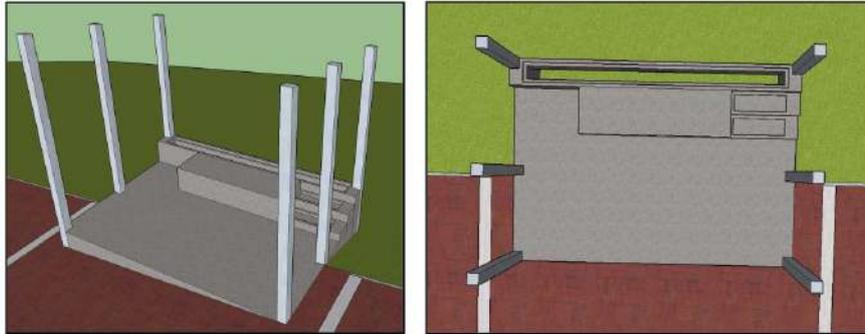
87 Ídem. Pág. 130.

88 Ídem. Pág. 95.

89 Panero, Julius y Zelnik, Martin. *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*.

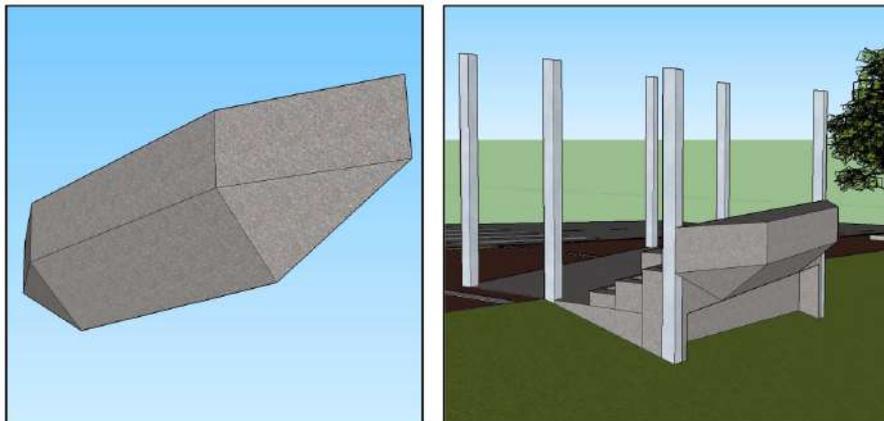
que la de los peldaños para mantener así la simetría frontal de la estructura.

A continuación, se deben colocar los *pilotis*. Se trata de seis piezas que se insertan en los huecos que se han dispuesto en los módulos base. Estructuralmente serán los encargados de soportar la marquesina. Para permitir que ésta quede inclinada con el ángulo deseado, estos *pilotis* tienen su parte superior recortada con la misma inclinación.



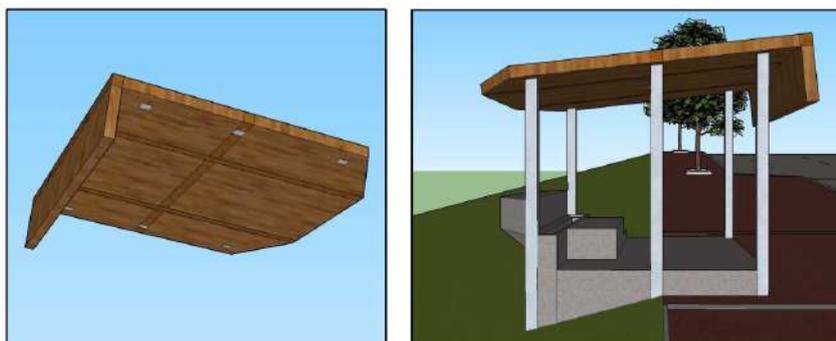
Figuras 20 y 21: Pilares insertados en los espacios dispuestos en los módulos base

La estructura queda así lista para que el asiento en voladizo de la segunda fila se sujete al resto de la estructura por uno de los módulos base y los dos pilares posteriores (Fig. 23).



Figuras 22 y 23: Asiento del segundo nivel

La marquesina la forman cuatro travesaños en los que se insertan 6 piezas y se instala el parasol (Fig. 24). Se sustenta sobre los pilares y cierra la estructura. Su inclinación permite a los usuarios de la segunda fila estirar el brazo hacia arriba cuando estén sentados y permanecer de pie sobre la rejilla sin entrar en contacto en ninguno de los casos con la marquesina<sup>90</sup>. Además, la parte que penetra en la vía pública respeta la legalidad ya que no queda a una altura inferior a 2,10 metros.



*Figuras 24 y 25: Marquesina*

En la fase final del ensamblaje se instalan los cristales laterales y del fondo de la parada. Los primeros contarán con las líneas de señalización recogidas en El Real Decreto 1544 y lo mismo ocurrirá con las piezas de señalización del pavimento. Asimismo, se colocan las rejillas, los paneles informativos y otros detalles.



*Figura 26: Parada tras instalar los cristales y otros detalles*

### **Texturas**

A la hora de seleccionar los materiales óptimos, se opta en primer lugar por el hormigón armado para los módulos de la base, en homenaje a Le Corbusier y a la piedra colmenareña tradicional: el granito<sup>91</sup>. Además, este material permite levantar una base firme, crear los detalles de las piezas y garantiza una seguridad contra el agrietamiento, algo imprescindible para soportar fuerzas como la de los elementos en voladizo. Para

90 Panero, Julius y Zelnik, Martin. *Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Estándares antropométricos*. 1979. Ediciones G. Gili, Barcelona. Pág. 100-102.

91 Fraguas, Rafael. *La cotizada piedra madrileña*. 15 dic. 2008. El País. [elpais.com/diario/2008/12/15/madrid/1229343863\\_850215.html](http://elpais.com/diario/2008/12/15/madrid/1229343863_850215.html) [Consulta: 8 feb. 2018]

los elementos interiores (peldaños y asientos) se ha escogido también el hormigón armado para mantener la uniformidad en la estructura.

Como apunta Richard Weston: “En la historia de la arquitectura moderna, el vidrio es inseparable del acero y el hormigón”<sup>92</sup>. La estructura ya cuenta con el vidrio de los paneles laterales y posteriores y hormigón armado, pero en nuestro caso se prefirió el aluminio en lugar de acero dado que posee una resistencia similar en tracción, pero el doble a compresión con cargas ligeras.<sup>93</sup>

Para la marquesina se ha optado por el cinc, un material que asegura una durabilidad y un respeto al medio ambiente, además de abrir la posibilidad de convertir la cubierta en una planta de placas fotovoltaicas que hagan de la parada una infraestructura autosuficiente<sup>94</sup>. En nuestro diseño se ha escogido un acabo lo más parecido posible a la madera para alejar la estructura del carácter industrial y acercarla al rústico.

## Conclusión y evaluación

Las características de la parada se agrupan en tres categorías:

- **Las que contribuyen a suplir las necesidades pertinentes.** La Avenida Adolfo Suárez se muestra como una ubicación acorde a la cobertura de la línea de transportes que además satisface la demanda de las nuevas viviendas de *Navallar*. A esta finalidad contribuye también su capacidad de alojar de 7 a 9 usuarios sentados frente a los 3 ó 4 de una parada convencional, donde además todos quedan protegidos de las lluvias y los vientos, que son incluso aprovechados para ventilar en verano.
- **Las características que colaboran en el ajuste al entorno.** El terraplén permite salvar el desnivel y otorga a la estructura la calificación legal de *adaptada*. Por otro lado, el tamaño de la estructura (que se minimiza mediante el uso de la doble altura) y las texturas que mantienen la uniformidad característica del paisaje reducen el impacto en él.
- **Las características que contribuyen a realzar la experiencia de los usuarios de la naturaleza.** La transparencia, el punto de fuga sobre el ventanal que recorre todo el ancho y

---

92 Weston, Richard. *Materiales, forma y arquitectura*. 2008. Editorial Blume, Londres. Pág. 32.

93 Ídem. Pág. 30.

94 VMZINC Cubiertas y evacuación de aguas pluviales. [vmzinc.es/nuestras-soluciones/evacuacion-de-aguas-pluviales.html](http://vmzinc.es/nuestras-soluciones/evacuacion-de-aguas-pluviales.html) [Consulta: 8 de febrero de 2018]

que permite visualizar elementos naturales como el horizonte o el atardecer, el suelo abierto, la proximidad de la naturaleza y los múltiples ángulos de visión reducen el límite entre el interior y el exterior de la estructura. La experiencia se hace aún más agradable ajustando la estructura a las dimensiones humanas.

Además, todas estas características han de ser compatibles con los requisitos que establece el marco legal.

## **Bibliografía y Referencias**

### **Plataformas**

- SketchUp: 3D modelling for everyone. <https://www.sketchup.com/es>

### **Libros**

- Burke, Edmund. *Indagación filosófica sobre el origen de nuestras ideas acerca de lo sublime y de lo bello*. 2005. Alianza Editorial, Madrid. 248 Págs.
- Moore, Charles y Allen, Gerard. *Dimensiones de la arquitectura: Espacio, forma y escala*. 1976. Editorial Gustavo Gili, Barcelona. 197 Págs.
- Panero, Julius y Zelnik, Martin. *Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Estándares antropométricos*. 1979. Ediciones G. Gili, Barcelona. 321 Págs.
- Richardson, Phyllis. *XS: Grandes ideas para pequeños edificios*. 2001. Editorial Gustavo Gili, Barcelona. 223 Págs.
- Saint-Exupéry, Antoine de. *Ciudadela*. 1948. Alba Editorial. 600 Págs.
- Simón Marchán, Antonio Gómez Sal, Raffaele Milani, Nicolás Ortega Cantero, Jean-Marc Besse, Eduardo Martínez de Pisón, Anne Cauquelin, Augustin Berque, Miguel Aguiló y Javier Maderuelo. *Paisaje y pensamiento*. 2006. Editorial Abada, Madrid. 264 Págs.
- Weston, Richard. *Materiales, forma y arquitectura*. 2008. Editorial Blume, Londres. 228 Págs.

### Recursos web

- Comunidad de Madrid. Datos de población de Colmenar Viejo [http://www.madrid.org/cs/Satellite?c=CM\\_InfPractica\\_FA&cid=1354221880916&language=es&pagina-me=ComunidadMadrid%2FEstructura&pv=1354250136855](http://www.madrid.org/cs/Satellite?c=CM_InfPractica_FA&cid=1354221880916&language=es&pagina-me=ComunidadMadrid%2FEstructura&pv=1354250136855)
- IGESPLAN Proyectos Urbanos. *Plan Parcial de Ordenación, Proyecto de Urbanización y Dirección Facultativa de las obras del Sector 8 "Navallar" del Plan General de Ordenación Urbana de Colmenar Viejo* [http://www.igesplan.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=149:col-vpec&catid=37:p-urbanismo&Itemid=113](http://www.igesplan.com/index.php?option=com_content&view=article&id=149:col-vpec&catid=37:p-urbanismo&Itemid=113)
- Instituto de Estadística. Ficha municipal: Colmenar Viejo [http://www.madrid.org/ICMdownload/ficha\\_CBR6C.pdf](http://www.madrid.org/ICMdownload/ficha_CBR6C.pdf)
- Sistema de Información Territorial de la Comunidad de Madrid. Planeamiento urbanístico <http://www.madrid.org/cartografia/sitcm/html/visor.htm>
- Topographic-map.com. Comunidad de Madrid <http://es-es.topographic-map.com/places/Comunidad-de-Madrid-989022/>
- VMZINC Cubiertas y evacuación de aguas pluviales. <http://www.vmezinc.es/nuestras-soluciones/evacuacion-de-aguas-pluviales.html>

### Artículos

- Fraguas, Rafael. *La cotizada piedra madrileña*. 15 diciembre 2008. El País. [elpais.com/diario/2008/12/15/madrid/1229343863\\_850215.html](http://elpais.com/diario/2008/12/15/madrid/1229343863_850215.html)

### Revistas

- De Terán Troyano, Fernando. *La ciudad y el viento*. Arquitectura: Revista del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM). Nº 49, 1963. Págs. 41-48. <http://oa.upm.es/10954/1/laciudadyelviento.pdf>

### Documentos online

- Agencia Estatal. Boletín Oficial del Estado. Nº 290, de 4 de diciembre de 2007, págs. 49948-49975 <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-20785>
- Calzerrada Zamora, Félix. Las matemáticas y la arquitectura. 72 Págs. [http://matematicas.uclm.es/ita-cr/web\\_matematicas/trabajos/84/matematicas\\_arquitectura.pdf](http://matematicas.uclm.es/ita-cr/web_matematicas/trabajos/84/matematicas_arquitectura.pdf)
- Foundation Le Corbusier. Apartamento-Estudio de Le Corbusier. 18 Págs. [http://www.fondationlecorbusier.fr/CorbuCache/2049\\_4226.pdf](http://www.fondationlecorbusier.fr/CorbuCache/2049_4226.pdf)

- Foundation Le Corbusier. The La Roche House. 21 Págs. [http://www.fondationlecorbusier.fr/CorbuCache/2049\\_4186.pdf](http://www.fondationlecorbusier.fr/CorbuCache/2049_4186.pdf)
- Instituto de Estadística. Estación meteorológica de Colmenar Viejo (FAMET). 1990-2010. Climogramas. 5 Págs. <http://www.madrid.org/iestadis/fijas/estructu/general/otros/descarga/clehkog3.pdf>
- Legislación de la Comunidad de Madrid. Ley 8/1993, de 22 de junio, de Promoción de la Accesibilidad y Supresión de Barreras Arquitectónicas. [http://www.madrid.org/wleg\\_pub/secure/normativas/contenidoNormativa.jsf?opcion=VerHtml&nmnorma=482&cdestado=P#no-back-button](http://www.madrid.org/wleg_pub/secure/normativas/contenidoNormativa.jsf?opcion=VerHtml&nmnorma=482&cdestado=P#no-back-button)

### **Imágenes**

- [1] [ecolmenarviejo.com/wp-content/uploads/2015/04/index-colmenar4.jpg](http://ecolmenarviejo.com/wp-content/uploads/2015/04/index-colmenar4.jpg)
- [2] [crtm.es/media/239125/serie\\_6\\_colmenarviejo\\_plano.pdf](http://crtm.es/media/239125/serie_6_colmenarviejo_plano.pdf)
- [3] [madrid.org/cartografia/visorCartografia/html/visor.htm](http://madrid.org/cartografia/visorCartografia/html/visor.htm)

NOTA: Las Figuras 2 y 4 han sido creadas a partir de imágenes de satélite ofrecidas por la plataforma Google Earth.

*Matemáticas para la inclusión social. ¿Qué factores influyen en el riesgo de pobreza en personas sin empleo? Aplicación de las herramientas de minería de datos para la obtención de un modelo predictivo*

*Sergio Muñiz Alonso*



***Introducción***

Entre los años 2008 y 2012, España sufrió el impacto de una profunda crisis económica. El número de personas en paro pasó de 2.129.547 en diciembre de 2007, a 4.848.723 en diciembre de 2012, según las estadísticas publicadas por el Servicio Público de Empleo Estatal.<sup>95</sup>

En consecuencia, el número de personas que mensualmente recibían prestaciones por desempleo se incrementó, en ese mismo periodo, de 1.538.480 a 2.957.378.

¿Compartían todas estas personas características comunes? ¿Quedaron expuestas a caer en situación de riesgo de pobreza algunas personas más que otras? ¿Existían colectivos con mayor exposición al riesgo?

Las respuestas a estas preguntas y otras similares son muy relevantes para anticiparse y tomar medidas que prevengan la pobreza y la exclusión social.

---

95 [sepe.es/contenidos/que\\_es\\_el\\_sepe/estadisticas/datos\\_avance/datos/index.html](http://sepe.es/contenidos/que_es_el_sepe/estadisticas/datos_avance/datos/index.html)

Gracias a la evolución tecnológica, en la actualidad disponemos de enormes cantidades de datos. El “Internet de las cosas” y el desarrollo de las nuevas tecnologías permiten recoger información de prácticamente cualquier ámbito. Es el momento del auge de nuevos campos tales como los lenguajes de programación o la minería de datos.

Pertenecen a la minería de datos todos los estudios que obtienen patrones repetitivos, secuencias o tendencias a partir de bases de datos con gran cantidad de información, que contienen elementos aparentemente desordenados e independientes, para tratar de reconvertirlos en nueva información que sí pueda ser interpretada y valorada por nosotros.

Este trabajo muestra cómo a partir de grandes volúmenes de información y utilizando herramientas de minería de datos se pueden investigar los factores que conducen a situaciones de desprotección y de riesgo de pobreza, para comprenderlas mejor y tratar de prevenirlas. Se obtendrá un modelo de predicción que asignará a cada persona una probabilidad de encontrarse en situación de riesgo de pobreza en función de variables como la edad, el sexo, el nivel de formación académica, etc.

Para este estudio se utilizarán datos simulados facilitados por el Servicio Público de Empleo Estatal, contruidos a partir de una muestra anonimizada del 1% de las personas que percibían prestación por desempleo en el mes de diciembre de 2017. Es una muestra significativa por su tamaño (16.512 registros) y contenido, que nos permitirá desarrollar nuestro modelo predictivo de manera bastante ajustada a la realidad.

Todos estos datos se procesarán y tratarán con el programa R, un lenguaje de programación enfocado en el análisis estadístico de grandes volúmenes de información, y muy utilizado en el campo de la minería de datos.

## **Investigación**

Como hemos dicho en la introducción, este trabajo consistirá en obtener un modelo de predicción que asigne a cada persona una probabilidad de encontrarse en situación de riesgo de pobreza en función de su edad, sexo, nº de hijos, nivel formativo, renta percibida y período restante de esa percepción.

Utilizaremos un software libre, desarrollado a partir del año 1993 en la Universidad de Auckland y que se encuentra disponible para todos los sistemas operativos. Se llama “R” y puede obtenerse gratuitamente en Internet.

## Introducción al programa R

R es un lenguaje de programación, una aplicación centrada especialmente en el análisis tanto estadístico como gráfico, muy usado en distintos campos de investigación que van desde la Medicina hasta estudios matemáticos más concretos, como los relacionados con las finanzas, las inversiones, etc.

En nuestro caso, teniendo en cuenta el propósito de esta investigación, utilizaremos el lenguaje R enfocado al campo de la minería de datos.

El proceso básico de la minería de datos sería aquel en el cual a la base o conjunto de datos que queremos analizar se le aplica un “modelo predictivo”, que nos ofrece una respuesta acerca del comportamiento de los datos mencionados. Estos modelos predictivos no son más que un conjunto de algoritmos que aplicamos a los datos para interpretarlos.

Existen muchos y muy diversos modelos de predicción, desde algunos sencillos hasta los más complejos que ya requieren conocimientos previos de programación e informática.

En nuestro caso el modelo que vamos a utilizar para tratar y procesar nuestros datos es la “Regresión logística multinomial”.

Este modelo ofrece como respuesta la probabilidad de un suceso en función de otros factores o parámetros, que tomamos como variables independientes. La finalidad que se persigue con este tipo de modelos de predicción, y que los hace muy útiles, es que permiten ver la influencia de las variables independientes sobre las probabilidades obtenidas. Es decir, permite comprobar qué parámetros tienen más peso sobre la probabilidad que estamos tratando de analizar y cuáles menos.

## Planteamiento del problema

Como hemos mencionado en el apartado anterior, para llevar a cabo nuestro estudio necesitamos definir con mucho detalle y claridad el conjunto de datos con el que contamos para hacer nuestra investigación, así como las variables que vamos a emplear en nuestro estudio y cómo las hemos organizado y clasificado.

### *Variables independientes o atributos*

Como fuente de datos contamos con un fichero Excel que contiene una muestra de datos anónimos simulados de ciertas características de un conjunto de personas. Este archivo cuenta con 16.512 registros (personas) y 12 campos, en cada uno de los cuales se presenta un atributo determinado.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	SEXO	EDAD	Mensual	Días restantes	Nº de hijos	Nivel de estudios	Sueldo/personas	
2	1	53	844,8	66	0	3	844,8	
3	2	26	430,2	481	1	1	215,1	
4	1	23	765,6	213	0	2	765,6	
5	2	61	430,2	1420	0	2	430,2	
6	1	29	1060,2	460	0	1	1060,2	
7	1	49	879,9	287	1	3	439,95	
8	1	61	430,2	133	0	2	430,2	
9	2	52	430,2	35	0	3	430,2	
...								
16509	1	57	430,2	1081	3	1	107,55	
16510	1	34	1098	352	0	3	1098	
16511	1	47	1411,8	414	2	3	470,6	
16512	1	57	430,2	2545	0	2	430,2	
16513	1	30	696,9	55	0	3	696,9	
16514								

Figura 1. Inicio y fin del fichero Excel con 16.512 registros utilizado en el estudio.

Como se ve en la imagen, son seis los atributos escogidos a partir de los cuales se hará el estudio: el sexo, la edad, el importe de la prestación por desempleo (“Mensual”), los días restantes que le quedan por cobrar esta prestación por desempleo a cada individuo, el número de hijos y el nivel de estudios.

Como algunas de estas categorías son cualitativas, las hemos redefinido con el fin de que puedan ser procesadas.

Para la variable Sexo, se le ha asignado el 1 al sexo masculino y el 2 al sexo femenino.

En la variable “Nivel de estudios”, la conversión numérica ha sido la siguiente:

0	Sin datos
1	Sin estudios
2	Estudios primarios
3	Estudios secundarios
4	Formación profesional
5	Estudios superiores

Tabla 1. Conversión numérica de la variable “Nivel de estudios”.

A la hora de ordenar los atributos (o variables independientes), para la categoría “Mensual” (importe de la prestación por desempleo) ha habido que fijar un criterio para establecer cuándo el importe de una prestación por desempleo es bajo, medio o alto. Es lógico pensar que dos personas que estén cobrando una prestación por desempleo de 500 €, no tendrán el mismo riesgo de

caer en una situación de pobreza si uno de ellos vive solo y el otro debe, por ejemplo, mantener a 2 hijos con sus ingresos. Es por ello que en la base de datos se ha añadido la columna “Sueldo/persona”. Para este atributo se ha considerado el siguiente criterio: siendo  $x$  la prestación por desempleo que recibe una persona y  $n$  el número de hijos que tiene:

$$\text{Sueldo por persona} = \frac{x}{n+1}$$

con lo que obtenemos el ingreso mensual medio por cada persona que vive en la casa del individuo que hemos elegido, que es un indicador más claro de la situación de riesgo o no riesgo a la que se puede enfrentar en función de sus ingresos mensuales. Por lo tanto, será esta variable, la de *Sueldo por persona*, la que utilizaremos en vez de *Sueldo Mensual*.

### **Variable dependiente: riesgo de pobreza**

La variable explicada o dependiente va a ser el riesgo que tiene una persona de caer en una situación de pobreza.

De nuevo, se nos presenta un conflicto semejante al que hemos planteado cuando describimos la variable “Sueldo mensual”. ¿Qué criterios hay que seguir a la hora de determinar si una persona está o no en una situación de riesgo de pobreza? ¿Cuáles son los límites a partir de los cuales una persona pasa de una situación normal a estar en riesgo de pobreza? Estas son algunas de las preguntas que surgen cuando tratamos de asignar valores a nuestra variable dependiente.

Por ello se ha seguido el procedimiento que se explica a continuación. En nuestra base de datos inicial se han añadido cuatro columnas más a las que hemos denominado *Riesgo tiempo*, *Riesgo sueldo*, *Producto* y *Riesgo absoluto*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	SEXO	EDAD	Mensual	Días restantes	Nº de hijos	Nivel de estudios	Sueldo/personas	Riesgo sueldo	Riesgo tiempo	Producto	Riesgo absoluto
1											
2	2	18	700,5	0	0	2	700,5	4	1	4	3
3	1	19	859,2	0	0	2	859,2	5	1	5	3
4	1	20	215,1	0	0	0	215,1	2	1	2	4
5	1	20	567,9	0	0	1	567,9	3	1	3	4
6	2	20	860,1	0	0	4	860,1	5	1	5	3
7	1	21	430,2	0	0	0	430,2	3	1	3	4
8	1	21	705,3	0	0	2	705,3	4	1	4	3
9	1	21	879,6	0	0	3	879,6	5	1	5	3
10	1	21	1087,2	0	0	3	1087,2	5	1	5	3
11	2	22	430,2	0	2	2	143,4	1	1	1	5
12	2	22	430,2	0	1	1	215,1	2	1	2	4
13	1	22	245,7	0	0	0	245,7	2	1	2	4
14	2	22	430,2	0	0	4	430,2	3	1	3	4
15	2	22	430,2	0	0	0	430,2	3	1	3	4
16	1	22	430,2	0	0	3	430,2	3	1	3	4
17	1	22	457,2	0	0	0	457,2	3	1	3	4
18	1	22	580,5	0	0	3	580,5	3	1	3	4
19	1	22	918,3	0	0	0	918,3	5	1	5	3
20	1	22	1098	0	0	3	1098	5	1	5	3
21	1	23	114,3	0	0	0	114,3	1	1	1	5
22	2	23	430,2	0	1	2	215,1	2	1	2	4

Figura 8: Fichero Excel inicial con las columnas añadidas para la definición de riesgos.

Cada uno de estos tres atributos toma valores entre 1 y 5 para cada individuo. El criterio de asignación que se ha seguido es el siguiente:

- Riesgo tiempo (en función de los días restantes que le quedan a la persona para agotar la prestación por desempleo).

Riesgo tiempo	Días restantes
1	Menos de 30
2	Entre 30 y 89
3	Entre 90 y 179
4	Entre 180 y 360
5	Más de 360

Tabla 2. Cuantificación de la variable auxiliar "Riesgo tiempo".

- Riesgo sueldo (en función del salario mensual por persona)

Riesgo sueldo	Ingreso persona/mes
1	Menos de 200 €
2	Entre 200 y 400 €
3	Entre 400 y 600 €
4	Entre 600 y 800 €
5	Más de 800 €

Tabla 3. Cuantificación de la variable auxiliar "Riesgo sueldo".

El producto de estas dos variables, por tanto, puede tomar valores entre 1 y 25, que se pueden ver representados en la columna *Producto*. Ya por último, para asignarle un valor al atributo *Riesgo absoluto* a cada individuo, he aplicado el criterio siguiente:

Producto	Riesgo absoluto (numérico)	Riesgo de caer en una situación de pobreza
1	5	Riesgo extremo
2, 3	4	Riesgo muy alto
4, 5, 6	3	Riesgo alto
8, 9, 10, 12	2	Riesgo moderado
15, 16, 20, 25	1	Riesgo bajo

Tabla 4. Definición de la variable dependiente "Riesgo absoluto". Asignación de valores numéricos

De este modo asignamos a cada una de las personas incluidas en nuestra base de datos un valor numérico asociado al nivel riesgo de caer en situación de pobreza.

Como se puede ver, hasta aquí no hemos hecho más que definir un primer modelo, muy sencillo, que permite asignar a cualquier persona de la muestra un determinado nivel de riesgo de caer en una situación de pobreza. Hasta aquí, este modelo únicamente actúa como indicador, como

detector del riesgo de los individuos existentes. Tiene también limitaciones: por ejemplo, a una persona que percibe 410 euros medios al mes y le quedan 31 días por percibir, el modelo le asigna el mismo nivel de riesgo que a otra que perciba, por ejemplo, 590 euros mensuales por persona y todavía le quedan 87 días por cobrar, cuando en realidad se puede intuir que su riesgo de caer en una situación de pobreza no es el mismo.

Es por ello que se necesita de un modelo predictivo más completo, fiable y preciso para asignar a cada persona un determinado nivel de riesgo. Para ello, con todas las variables independientes y la variable dependiente definidas con valores numéricos, procesaremos los 16.512 registros con el programa R, que nos devolverá como respuesta unos coeficientes que utilizaremos en un procedimiento de regresión, para estimar la probabilidad de que un individuo se encuentre en cada uno de los cinco grupos de riesgo definidos. La probabilidad dependerá de sus características particulares (Sexo, Edad, Número de hijos, Nivel de estudios, Ingresos y Días restantes de percepción de prestación).

### La regresión logística multinomial

Los análisis de regresión son los procedimientos matemáticos que se utilizan para estudiar si entre los datos de un conjunto se aprecia alguna clase de dependencia, y de qué tipo es en caso de que así sea.

El ejemplo más conocido es el análisis de regresión lineal simple. Se utiliza cuando los datos muestran que puede haber una dependencia lineal entre dos variables ( $X$  e  $Y$ ), una de las cuales se toma como independiente (habitualmente  $X$ ). En ese caso, la dependencia se expresa en la forma  $Y = \beta_0 + \beta_1 X$ , donde los parámetros  $\beta_0$  y  $\beta_1$  se obtienen a partir de los valores de los datos observados, minimizando la distancia entre los puntos y la recta obtenida, que recibe el nombre de *recta de regresión*.

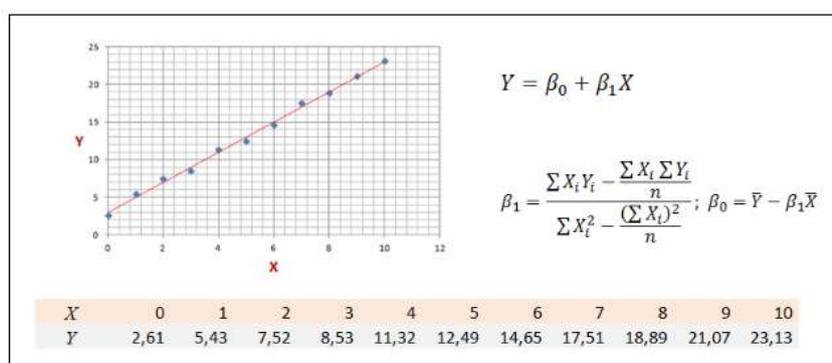


Figura 3: Ejemplo de ajuste de 11 pares de datos ( $X$ ,  $Y$ ) a una recta, por regresión lineal.

Cuanto mayor es el número de datos, más preciso es el ajuste si la dependencia existe, pero también aumenta el volumen de cálculos necesarios para hallar  $\beta_0$  y  $\beta_1$ . En este caso,  $\beta_0=2,988$  y  $\beta_1=2,005$ .

El análisis de regresión que vamos a utilizar en este trabajo es cualitativamente distinto, más complejo. Veamos cuáles son sus principales características.

En primer lugar, no vamos a trabajar con una única variable independiente  $X$ , sino con 6 variables ( $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$  y  $X_6$ ), que describen la situación y características de la persona: edad, sexo, nº de hijos, nivel de renta, estudios, y días restantes percibiendo prestación.

En segundo lugar, la variable dependiente  $Y$  no va a tomar valores que dependan linealmente de las variables  $X$ ; los valores que va a tomar  $Y$  son 5 posibles (1, 2, 3, 4, 5), cada uno de los cuales indica simplemente una situación de riesgo de pobreza para esa persona.

En tercer lugar, las cantidades que estamos interesados en obtener son las probabilidades de la persona de estar en cada una de esas situaciones de riesgo. Es decir, buscamos 5 cantidades que estarán comprendidas entre 0 y 1.

Por último: si en el caso de la regresión lineal buscábamos dos coeficientes  $\beta_0$  y  $\beta_1$  que relacionasen linealmente  $X$  e  $Y$ , minimizando las distancias entre los puntos que representan a las parejas de datos y la recta de regresión, ahora el papel de los coeficientes es otro. Buscaremos 7 coeficientes, ( $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_6$ ) que nos permitirán definir una nueva variable  $Z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_6 X_6$ , y esa será la variable a partir de la que se establecerá el ajuste de la regresión. Solo que en este caso el criterio no es minimizar distancias a una recta, sino aproximar los datos a la curva

que representa la función  $f(z) = \frac{1}{1+e^{-z}}$ , como muestra la figura.

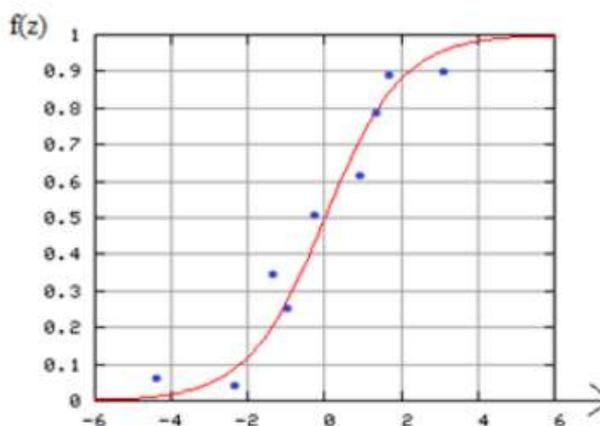


Figura 4: Curva de la función logística, y nube de puntos.

Dicha función recibe el nombre de *función logística*, y ese es el motivo por el que el análisis de regresión que utilizaremos en este trabajo se llama *regresión logística*. Hallar los coeficientes  $\beta_i$  requiere un volumen de cálculos muy elevado, que debe realizarse mediante herramientas informáticas de tratamiento de datos estadísticos. En nuestro caso, utilizaremos R.

### Fundamento matemático del análisis.

El análisis de regresión logística se basa en la siguiente propiedad:

Si una cantidad variable  $p$  toma valores que se distribuyen uniformemente entre 0 y 1, y definimos a partir de  $p$  otra variable  $z = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right)$ , entonces los valores que tome esa variable  $z$  se distribuirán siguiendo la función logística.

Esta propiedad es importante porque nos permitirá calcular las probabilidades de que una persona se encuentre en situación de riesgo, a partir de los valores de las variables  $X$  que describen sus características, y de los valores de los coeficientes  $\beta_i$  que nos proporcionará la herramienta R. Veamos cómo.

Despejamos  $p$  en función de  $z$ .

$$z = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) \Rightarrow \frac{p}{1-p} = e^z \Rightarrow p = (1-p)e^z = e^z - pe^z \Rightarrow p = \frac{e^z}{1+e^z}$$

$$p = \frac{1}{1+e^{-z}}$$

Y como en nuestro caso  $z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_6 X_6$ , a cada conjunto de valores  $X_i$ ,  $\beta_i$  le correspondería un valor de  $z$  y por tanto un valor de  $p$  en la expresión que acabamos de obtener. Esta sería la forma de calcular las probabilidades en el caso de que la variable  $Y$  que indica el riesgo de pobreza tomase solo dos valores (por ejemplo, estar en riesgo o no estarlo). Este método de análisis se conoce con el nombre de *Regresión logística binomial*.

El modelo que utilizaremos en este estudio es algo más complejo, considera 5 posibles niveles de riesgo de pobreza. Para cada nivel, proporciona los 7 coeficientes  $\beta_i$  que nos permitirán calcular la probabilidad de que la persona se encuentre en él. La fórmula para calcularla varía ligeramente, porque cada nivel tiene sus propios  $\beta_i$  y por tanto su propia  $z$ .

Hay 5 niveles, y para cada persona se calcularán 4 valores de  $z$  y 5 probabilidades. Las llamaremos  $p_1, p_2, p_3, p_4$  y  $p_5$ , y sus expresiones son:

$$p_k = \frac{e^{z_k}}{1 + \sum_{k=2}^5 e^{z_k}} \quad (k = 2, 3, 4, 5) \quad \text{y} \quad p_1 = \frac{1}{1 + \sum_{k=2}^5 e^{z_k}} \quad (1)$$

Este modelo se conoce con el nombre de *Regresión logística multinomial*, y junto con la *Regresión logística binomial* se utiliza ampliamente en investigación en Ciencias de la Salud y Ciencias Sociales.

### Construcción del modelo predictivo. Evaluación del riesgo de pobreza en casos prácticos.

Para obtener los coeficientes, procesamos los 16.512 registros del fichero Excel con el programa R. Es necesario darle al programa las instrucciones necesarias para que pueda interpretar el tipo de fichero que agregamos. Antes de iniciar el proceso, hay que redefinir las variables cualitativas y convertirlas en cuantitativas (como se ha mostrado con la variable *Riesgo de caer en una situación de pobreza*) para que el programa la pueda interpretar. Una vez hecho todo esto, se indica el tipo de modelo de predicción que deseamos aplicar (Regresión Logística Multinomial en nuestro caso), y se define cuáles serán la variable dependiente y las variables independientes o atributos de nuestro estudio.

Como respuesta, el programa R nos devuelve un fichero que se abre con el Bloc de Notas, mostrando los 7 coeficientes  $\beta_i$  para los niveles 2 a 5 de la variable dependiente que hemos definido (el nivel 1 no requiere coeficientes para hallar su probabilidad). En la imagen se ve el formato en el que R ofrece los resultados, que se recogen después para mayor claridad en la tabla 5, redondeados con 4 decimales.

```
> summary(MLM.3, cor=FALSE, Wald=TRUE)
Call:
multinom(formula = Riesgo.absoluto ~ SEXO + EDAD + NRO_HIJ +
  Estudios.simplificado + Sueldo.personas + Dias.restantes,
  data = Pobreza, trace = FALSE)

Coefficients:
(Intercept)      SEXO      EDAD  NRO_HIJ  Estudios.simplificado  Sueldo.personas  Dias.restantes
Riesgo moderado  5.980902 -0.03427756 -0.01443800  0.5829299          -0.1063800        -0.005454300        -0.004108901
Riesgo alto      6.580337 -0.07562287 -0.01341119  1.7724235          -0.1854102        -0.006632453        -0.009241104
Riesgo muy alto  12.666022 -0.04243473 -0.01414747  1.8457869          -0.1919531        -0.017601916        -0.047772920
Riesgo extremo   29.904494 -0.31155741 -0.02201915  1.8700961          -0.2207363        -0.101685497        -0.254794194
```

Figura 5: Detalle del resultado del proceso de los datos que presenta R. Pueden apreciarse los 28 coeficientes.

Variable dependiente Y		Variables independientes $X_i$					
Y = riesgo de pobreza		$X_1 = \text{sexo}$	$X_2 = \text{edad}$	$X_3 = \text{nº de hijos}$	$X_4 = \text{estudios}$	$X_5 = \text{ingresos}$	$X_6 = \text{nº de c}$
		$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$
k	1 = riesgo bajo	-	-	-	-	-	-
	2 = riesgo moderado	5,9809	-0,0343	-0,0144	0,5829	-0,1064	-0,0055
	3 = riesgo alto	6,5803	-0,0756	-0,0134	1,7724	-0,1854	-0,0066
	4 = riesgo muy alto	12,6660	-0,0424	-0,0141	1,8458	-0,1920	-0,0176
	5 = riesgo extremo	29,9045	-0,3116	-0,0220	1,8701	-0,2207	-0,1017

Tabla 5: Resumen de los coeficientes, distribuidos por variable y nivel de riesgo, redondeados con 4 cifras decimales.

Estos son los 28 coeficientes  $\beta_{ik}$  que optimizan el ajuste a la función logística de las variables  $Z_k$ , que habíamos definido como

$$z_k = \beta_{0k} + \beta_{1k} X_1 + \dots + \beta_{6k} X_6; \quad z_k = \beta_{0k} + \sum_i \beta_{ik} X_i$$

A partir de los coeficientes  $\beta_{ik}$  y de los valores  $X_i$  de los casos individuales que escojamos como ejemplo, hallaremos los valores de  $z_k$  y las probabilidades  $p_k$  de estar en cada grupo de riesgo.

Veamos dos ejemplos prácticos de cómo realizar el cálculo de esas probabilidades.

Caso 1: hombre, 45 años, 2 hijos, estudios primarios, recibe una prestación de 780 €, que se agotará dentro de 6 meses.

Según nuestra definición de variables, tendríamos:

$$X_1 = 1; \quad X_2 = 45; \quad X_3 = 2; \quad X_4 = 2; \quad X_5 = 260; \quad X_6 = 180$$

La variable  $z$ , ajustada a la función logística tomaría los valores:

$$z_2 = 4,1987; \quad z_3 = 5,8728; \quad z_4 = 2,3110; \quad z_5 = -40,1867 \quad (\nexists z_1)$$

Y siguiendo el modelo, hallamos la probabilidad de que esta persona se encuentre en cada nivel de riesgo, aplicando las fórmulas (1)

bajo            moderado            alto            muy alto            extremo

$$p_1 = 0,0023; \quad p_2 = 0,1538; \quad p_3 = 0,8206; \quad p_4 = 0,0233; \quad p_5 = 0,0000$$

Caso 2: mujer, 30 años, 0 hijos, estudios superiores, recibe una prestación de 970 €, que se agotará dentro de 18 meses.

En este caso:

$$X_1 = 2; \quad X_2 = 30; \quad X_3 = 0; \quad X_4 = 5; \quad X_5 = 970; \quad X_6 = 540$$

Para la variable  $z$  tendríamos:

$$z_2 = -2,5622; \quad z_3 = -6,3240; \quad z_4 = 31,6743; \quad z_5 = -208,7278$$

$\nexists z_1$ . La probabilidad  $p_1$  se define y calcula sin la variable  $z$ . Es el nivel de referencia.

Y aplicando de nuevo las fórmulas (1) para hallar las probabilidades, obtenemos para cada nivel de riesgo:

bajo            moderado            alto            muy alto            extremo

$$p_1 = 0,9268; \quad p_2 = 0,0715; \quad p_3 = 0,0017; \quad p_4 = 0,0000; \quad p_5 = 0,0000$$

Como era previsible, estos dos casos parecen indicar que el riesgo de pobreza depende fuertemente de dos de las variables independientes: los ingresos mensuales por persona, y el tiempo restante hasta que se dejen de percibir esos ingresos.

Para hacer un análisis algo más detallado, hemos construido la tabla siguiente, en la que se puede ver cómo evolucionan las probabilidades de casos simulados al variar únicamente una de las características personales.

	Características personales						Riesgo de pobreza				
	X <sub>1</sub> Sexo	X <sub>2</sub> Edad	X <sub>3</sub> Nº de hijos	X <sub>4</sub> Nivel de estudios	X <sub>5</sub> Ingresos	X <sub>6</sub> Nº de días	p <sub>1</sub> riesgo bajo	p <sub>2</sub> riesgo moderado	p <sub>3</sub> riesgo alto	p <sub>4</sub> riesgo muy alto	p <sub>5</sub> riesgo extremo
1	1	45	2	1	260	360	0,0100	0,3175	0,6725	0,0000	0,0000
2	1	45	2	1	260	270	0,0050	0,2280	0,7664	0,0007	0,0000
3	1	45	2	1	260	180	0,0023	0,1538	0,8206	0,0233	0,0000
4	1	45	2	1	260	90	0,0006	0,0582	0,4927	0,4485	0,0000
5	1	45	2	1	260	30	0,0001	0,0084	0,0973	0,8942	0,0000
6	1	55	2	1	260	180	0,0026	0,1525	0,8217	0,0232	0,0000
7	1	45	2	1	260	180	0,0023	0,1538	0,8206	0,0233	0,0000
8	1	35	2	1	260	180	0,0020	0,1552	0,8194	0,0234	0,0000
9	1	25	2	1	260	180	0,0018	0,1566	0,8181	0,0236	0,0000
10	1	45	2	1	260	180	0,0023	0,1538	0,8206	0,0233	0,0000
11	1	45	2	2	260	180	0,0027	0,1644	0,8101	0,0228	0,0000
12	1	45	2	3	260	180	0,0033	0,1754	0,7989	0,0224	0,0000
13	1	45	2	4	260	180	0,0039	0,1871	0,7872	0,0219	0,0000
14	1	45	2	5	260	180	0,0046	0,1992	0,7748	0,0214	0,0000
15	2	25	1	1	400	180	0,0191	0,4262	0,5515	0,0033	0,0000
16	2	25	1	2	400	180	0,0221	0,4439	0,5308	0,0031	0,0000
17	2	25	1	3	400	180	0,0256	0,4615	0,5099	0,0030	0,0000
18	2	25	1	4	400	180	0,0295	0,4788	0,4888	0,0029	0,0000
19	2	25	1	5	400	180	0,0339	0,4957	0,4676	0,0027	0,0000

Tabla 6: Variación de las probabilidades de riesgo al modificar algunas variables habiendo fijado el resto.

Las filas 1 a 5 muestran cómo al aproximarse la fecha de agotamiento de la prestación, aumenta la probabilidad de estar en un nivel de riesgo cada vez mayor.

En las filas 6 a 9 se aprecia que la edad no parece tener influencia en la situación de riesgo. Para un amplio rango de edades, las probabilidades permanecen prácticamente constantes.

Un mayor nivel de estudios parece contribuir a disminuir el riesgo, como puede verse en las filas 10 a 19. Aunque su influencia no es tan significativa como la del período restante de percepción, sí se ve claramente en dos casos bien diferentes cómo un incremento en el nivel de estudios va asociado a una disminución en las probabilidades de estar en los niveles altos de riesgo.

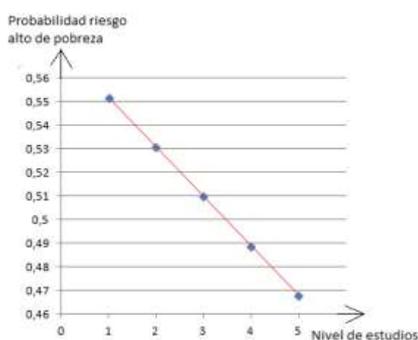


Figura 6. Disminución de la probabilidad de riesgo al aumentar el nivel de estudios.

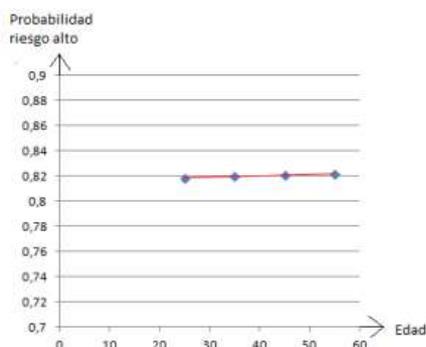


Figura 7. Mantenimiento de la probabilidad de riesgo al aumentar la edad.

## Conclusión

Este sencillo modelo, construido sobre un volumen importante de datos de personas receptoras de prestaciones por desempleo, muestra estos resultados:

- Los ingresos y el período pendiente de su percepción son los dos factores que más influyen en la situación de riesgo de pobreza.
- En igualdad del resto de condiciones, tener un mayor nivel de estudios disminuye el riesgo de caer en una situación de pobreza.
- La edad no parece ser un factor determinante. Todos los grupos de edad parecen afectados por el riesgo de la misma uniforme, por lo que todos deberían recibir la misma atención.

En cuanto al método utilizado, aunque la herramienta R ofrece muchos más recursos para analizar la información, he considerado interesante calcular manualmente las probabilidades a partir de las fórmulas de su fundamento teórico, para hacerlo más visible y comprender mejor el significado de los resultados obtenidos.

Siendo todavía un campo en pleno desarrollo, muchas voces afirman que la minería de datos y el mundo del Big Data son los protagonistas de un futuro no muy lejano, donde Internet y las nuevas tecnologías en general estarán presentes en absolutamente todos los aspectos de nuestra vida, si es que no lo están ya hoy en día.

En este trabajo se ha mostrado una de las muchas utilidades que presenta el mundo del procesamiento y análisis de datos, habiéndose utilizado para desarrollar un modelo de predicción que asigna a una persona elegida de forma aleatoria un nivel determinado de riesgo de caer en una situación de pobreza en función de sus características específicas.

Se ha visto como estos lenguajes de programación y los softwares diseñados para el manejo de grandes cantidades de información pueden resultar tremendamente útiles en el ámbito social y económico, pudiendo

ser una referencia clara y una gran ayuda a la hora de tomar decisiones o definir protocolos de actuación en favor de los colectivos que están en situación de riesgo económico o de exclusión social.

## **Bibliografía**

- Cañadas Reche, J.L. (2013) *Regresión logística. Tratamiento computacional con R.*
- Rojo Abuín, J.M. (2007). *Regresión con variable dependiente cualitativa.*
- Fiuza Pérez, M. D.; Rodríguez Pérez, J.C. (2000). *La regresión logística: una herramienta versátil.*
- Dueñas Rodríguez, M. A. *Modelos de respuesta discreta en R y aplicación con datos reales.*
- De la Fuente Fernández, S. (2011). *Regresión Logística.*

# *Diseño y estudio de la eficiencia aerodinámica de tres alerones*

*Diego Pascual Morant*



## ***Introducción teórica***

**Fluido ideal:** es aquel que no es considerado viscoso, es decir que se desprecia la fricción interna de sus moléculas. Es estacionario, o que la velocidad en un diferencial de volumen es constante en un determinado tiempo. Es incompresible y por lo tanto la densidad del fluido es constante. Y se considera irrotacional, es decir que no existen torbellinos ya que no hay momento angular sobre ningún punto del fluido

**Principio de continuidad:** enuncia que si un fluido estacionario e incompresible circula por un volumen de sección vertical A, si esta se reduce en una parte del recorrido, la velocidad del fluido aumenta. De manera que relaciona la sección transversal inversamente proporcional a la velocidad del fluido.

**Teorema de Bernoulli:** relaciona la velocidad de un fluido con la presión del mismo mediante la siguiente fórmula:

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{constante}$$

Si se considera que el fluido es incompresible se deduce que a mayores velocidades menores presiones y viceversa. Además, de esta fórmula se puede sacar que el fluido tiende a potenciales menores, es decir, las presiones altas tienden a las bajas.

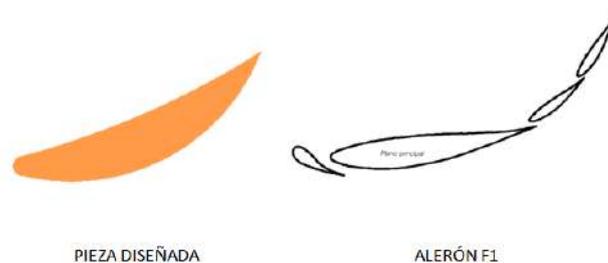
**Funcionamiento de un alerón:** este objeto se aprovecha de los dos principios explicados anteriormente para crear una fuerza en sentido negativo del eje Y denominada downforce. Para ello se crean figuras como la de la imagen 1 que hacen dividirse al fluido. Por la parte inferior este irá más rápido puesto que tiene que recorrer una distancia mayor, mientras que por la parte superior va más despacio. Esto crea una diferencia de presiones. Como un fluido tiende a potenciales más bajos, se creará una fuerza (downforce) sobre el alerón. Pero este objeto provoca turbulencias, generando el mismo efecto en el eje horizontal. Esto hace que también se genere una fuerza en sentido negativo del eje X denominada drag. Introduciendo así el término de eficiencia aerodinámica. En un alerón se busca el máximo downforce y el mínimo drag posible, se busca esta eficiencia.

En este estudio se procederá a diseñar y analizar mediante un programa CFD unos perfiles alares (aleros). A continuación se explica la metodología seguida.

## **Metodología**

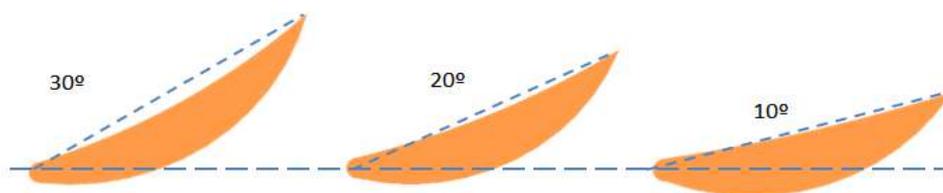
El primer paso para la creación del perfil alar fue la documentación sobre la aerodinámica en la Fórmula 1 y el estudio de diferentes aleros traseros empleados a lo largo de la historia. Los primeros aleros constaban únicamente de una pieza, pero poco a poco se fueron incorporando varios perfiles alares, cuyas formas y características dependían del circuito, pudiendo adaptarse mejor a las curvas del mismo. Así, en circuitos más rápidos como Monza donde solo hay 11 curvas y se rueda a una media de 250 km/h se priorizará obtener el mínimo drag posible antes que el downforce dejando perfiles alares con un ángulo de ataque bajísimo. Por el lado contrario tenemos el circuito de Mónaco donde la velocidad media es de 150 km/h y entre todas sus curvas lentas destaca la más lenta de todo el campeonato, Loews, que se pasa a unos escasos 50 km/h. Como resulta predecible, en este circuito se priorizará el downforce ya que la velocidad punta no sirve para nada al no existir largas rectas, dejando aleros con mucho ángulo de ataque y dos o más perfiles secundarios.

En este estudio se decidió hacer una réplica de un perfil aerodinámico que se ajustase a la normativa del 2016. Para ello el alerón debía tener una longitud máxima de 50 cm de largo. Ante la complejidad de recrear estas piezas que podían constar de hasta tres alas, una principal y dos secundarias, y la cantidad de variables que se deberían estudiar, se decidió crear un solo perfil que adoptase la forma de los tres, dejando la siguiente imagen:



Se optó por un principio redondeado ya que es más aerodinámico, dejando un contorno más suave y retrasando el desprendimiento de la capa límite. Esto se transmitiría en un descenso de las turbulencias y, por lo tanto, una decaída del drag y ligero aumento del downforce. Para el grosor, se analizaron varios alerones, utilizados en la F1 y en otras competiciones como la F2 o la WEC y se acabó determinando una media de, alrededor de 8 cm, por lo que sería el que se utilizaría en la creación de los perfiles. Por último, se decidió por un final en forma de V invertida por sus calidades aerodinámicas que apoyan a la reducción de drag al crear pocas turbulencias.

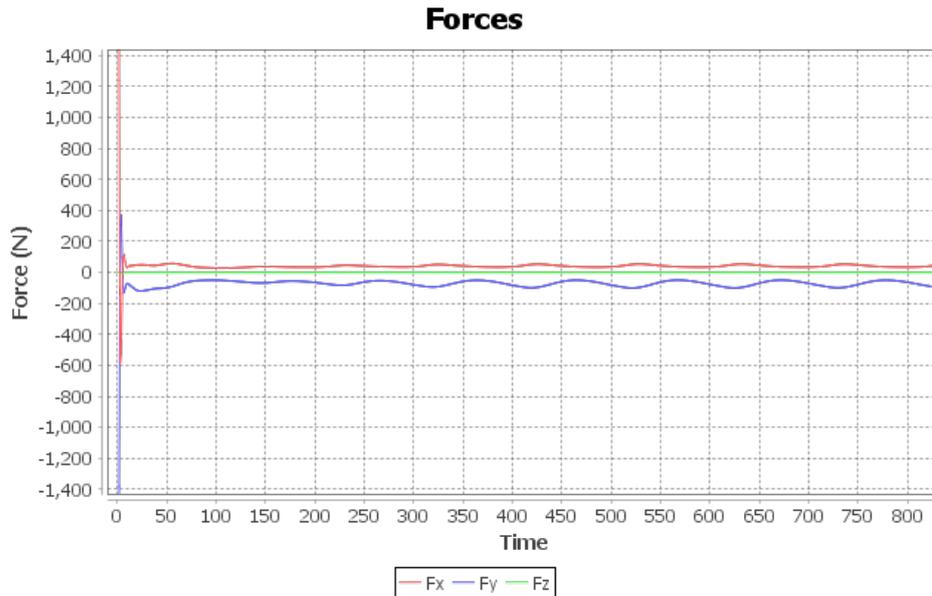
Como ya hemos explicado, los perfiles aerodinámicos varían según el circuito y sus características. Por eso, se intentó reproducir estas variaciones en los alerones de la Formula 1 mediante la creación de nuevos perfiles aerodinámicos, con longitud y grosor constantes al primero, pero diferentes ángulos de ataque, modificando así sus características:



### Recogida y análisis de datos

Estos perfiles fueron diseñados mediante un programa de modelado 3D y se introdujeron en una simulación de fluidos. En este caso se utilizó el programa *SimFlow* para poder reproducir el aire en un estado laminar y poder estudiar las características de los alerones. En este programa se representaron las fuerzas sobre el objeto en función de la velocidad del

fluido. A continuación se muestra el estudio del perfil alar de 30° dentro de un flujo a 100 km/h:



<b>Tiempo</b> <i>T</i> (s)	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500
$\Delta T = \pm 0,1$											
<b>Drag (Fx)</b> <i>F<sub>d</sub></i> (N)	31	31,7	33,5	35,5	36,5	35,9	33,6	31,6	31,1	31,3	31,7
$\Delta F_d = \pm 0,1$											
<b>Downforce(- Fy)</b> <i>F<sub>i</sub></i> (N)	64,1	67,8	71,2	72,3	69,9	64,5	58,2	55,2	56,9	61,9	68,8
$\Delta F_i = \pm 0,1$											

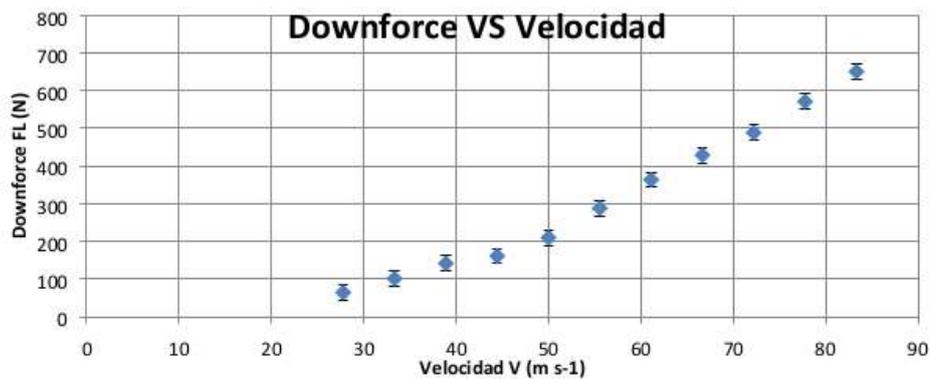
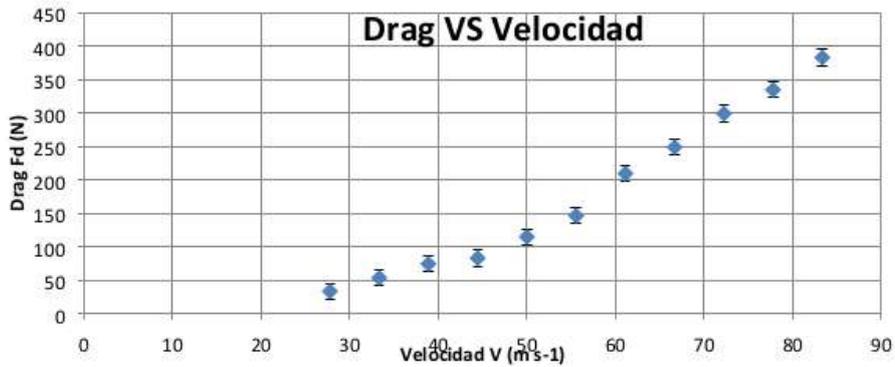
Como se puede observar en la gráfica, el comportamiento del perfil no se estandariza hasta pasado una cantidad de tiempo. Por esta razón se decidió adoptar los valores desde  $T=400$  hasta  $T=500$ . Además se puede observar un comportamiento periódico, donde los valores de fuerzas varían en gran medida. Esto podría significar unas turbulencias importantes generadas por el perfil alar, y podría ser un problema ya que a mayores velocidades, las turbulencias serán mayores. Para poder sacar un valor de fuerzas se hizo la media de todos los valores recogidos.  $downforce = 64,6 N$   $drag = 33,0 N$ . Esto aumenta el error, pero es preferible trabajar con un solo valor. Esta nueva incertidumbre se calcula de la siguiente manera

$$\frac{F_{m\acute{a}x} - F_{m\acute{i}n}}{2} \text{ downforce} = 64,6 \pm 8,5 \text{ drag} = 33,0 \pm 2,75$$

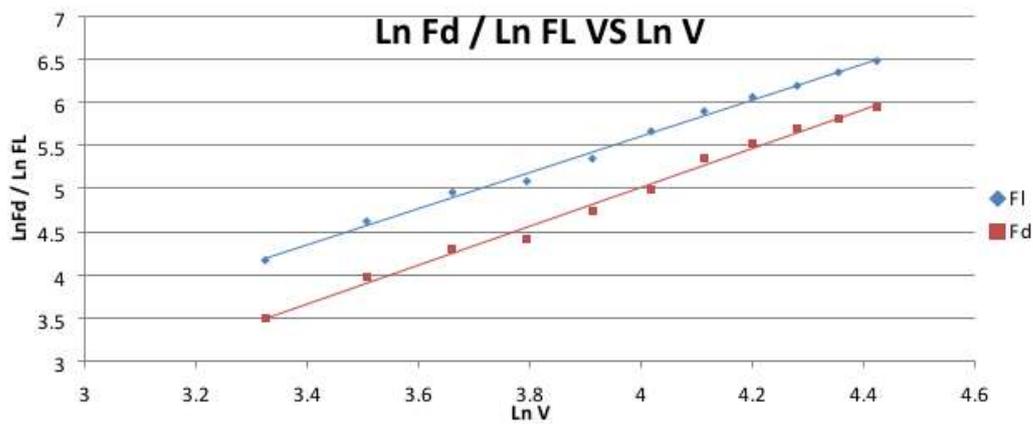
Se repitió el mismo procedimiento con el resto de velocidades y perfiles alares. Para el cálculo de la incertidumbre se hizo la media de todos los errores calculados mediante la metodología anterior, dejando la siguiente tabla:

Velocidad $V (m s^{-1})$ $\Delta V = \pm 0,1$	30°		20°		10°	
	Downforce $F_l (N)$ $\Delta F_l = \pm 20$	Drag $F_d (N)$ $\Delta F_d = \pm 12$	Downforce $F_l (N)$ $\Delta F_l = \pm 11$	Drag $F_d (N)$ $\Delta F_d = \pm 2$	Downforce $F_l (N)$ $\Delta F_l = \pm 5$	Drag $F_d (N)$ $\Delta F_d = \pm 0,5$
27,8	65	33	45	9	32	2,8
33,3	102	53	66	14	46	4,1
38,9	142	74	89	18	63	5,6
44,4	161	83	117	24	82	7,3
50,0	210	114	149	30	105	9,2
55,6	288	146	183	37	129	11,3
61,1	364	209	220	44	187	16,3
66,7	429	249	259	52	187	16,3
72,2	488	299	304	61	220	19,1
77,8	571	334	376	75	255	22,1
83,3	651	383	449	90	293	25,3

Empezando con el primer perfil se develan las siguientes gráficas:

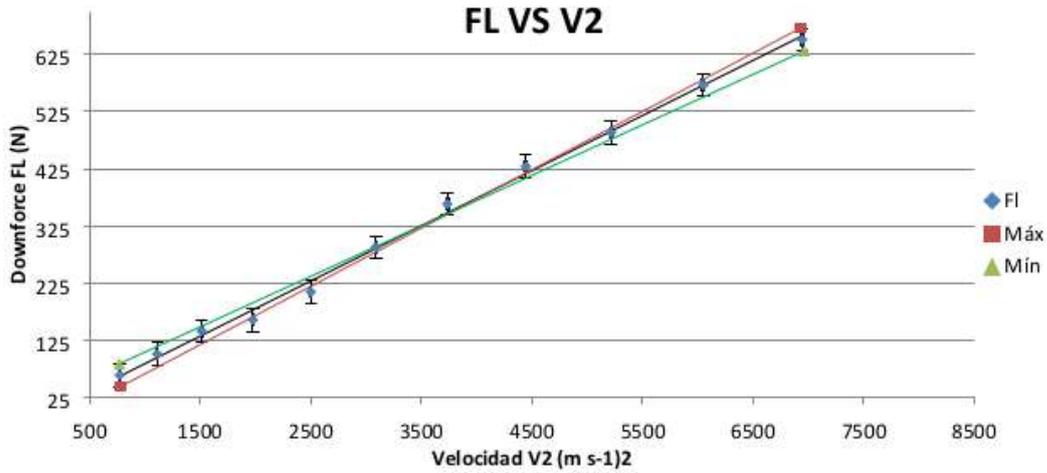


A primera vista podría decirse que mantienen una relación lineal, pero tras un análisis más detallado se puede observar que los puntos centrales tienden a quedarse por debajo de la línea de ajuste y los de los extremos por encima. Además, si fuese lineal no sería proporcional ya que existiría un corte con el eje X. Esto hace pensar que la relación establecida entre las fuerzas y la velocidad sea potencial en vez de lineal. Para comprobar esta teoría se siguió el siguiente razonamiento: Si se cumple la relación  $F = V^n$ , cuando se apliquen logaritmos neperianos, la función será igual a:  $\ln F = n \cdot \ln V$ . Existiendo así una relación lineal entre  $\ln F$  y  $\ln V$ , y la pendiente será  $n$ .



Ángulo	Pendiente Ln F <sub>d</sub> VS Ln V	Pendiente Ln F <sub>L</sub> VS Ln V
30	2,25	2,01
20	2,00	2,05
10	2,01	2,03

Se repitió el mismo procedimiento con los diferentes perfiles alares dejando pendientes cuyos valores se aproximar a 2. Esto indica que  $n = 2$ .  $\ln F = 2 \cdot \ln V \rightarrow F = V^2$ . A continuación se comprueba gráficamente, calculando el error de la velocidad con la siguiente fórmula:



Al ver esta gráfica se puede afirmar que existe una relación lineal entre el downforce y el cuadrado de la velocidad. Además, la proporcionalidad de la curva está contemplada en el error. Gráficas muy similares a esta aparecen al hacer las comprobaciones del drag y los otros perfiles aerodinámicos. Tras buscar información conseguimos las fórmulas que definen los fenómenos:

$$F_D = \frac{1}{2} c_D \rho A v^2 \qquad F_L = \frac{1}{2} c_L \rho A v^2$$

Donde A en  $F_D$  es el área frontal y A en  $F_L$  es el área del ala calculada con la envergadura y la cuerda. Esto acaba por confirmar la relación  $F \propto V^2$  y nos deja como expresión de la pendiente:

$$n_{drag} = \frac{1}{2} C_D \rho A \qquad n_{downforce} = \frac{1}{2} C_L \rho A$$

Para poder comparar los diferentes perfiles entre sí y determinar el más eficiente es necesario despejar los coeficientes de drag y downforce ( $C_d$  y  $C_l$ ). Sabiendo el área frontal, la envergadura y la cuerda se pueden estimar cuales son estos coeficientes, resultando en la siguiente tabla:

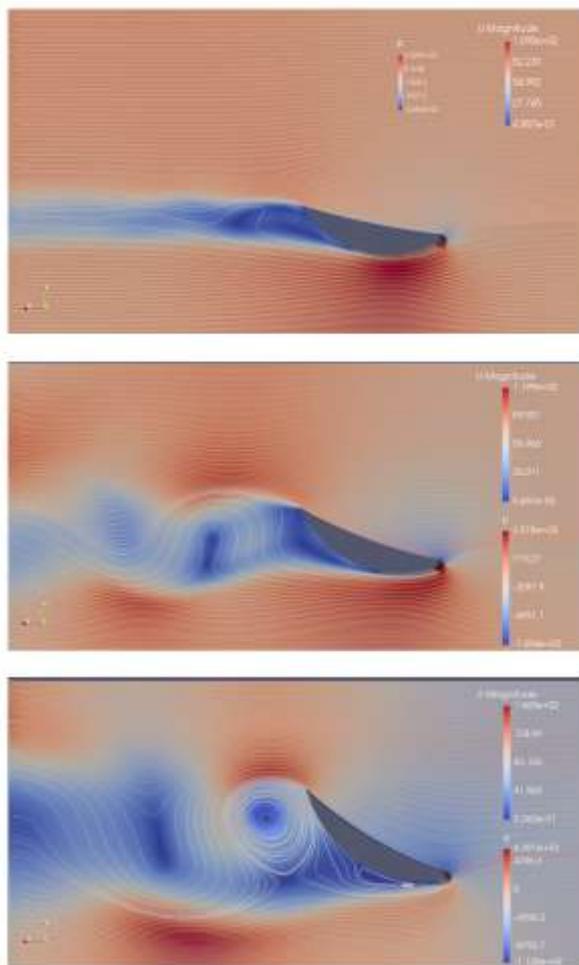
Ángulos	$C_D$	$C_L$
30	0,36 ±0,03	0,37 ±0,03
20	0,27 ±0,02	0,12 ±0,01
10	0,18 ±0,01	0,050 ±0,003

Por último se calculará la eficiencia aerodinámica mediante la división de  $C_L/C_D$ . El valor más alto, será pues, el perfil alar más eficiente de los estudiados:

Ángulos	$C_L/C_D$
30	$1,0 \pm 0,1$
20	$2,2 \pm 0,2$
10	$3,7 \pm 0,3$

## Conclusión

Por lo tanto se puede determinar que el perfil aerodinámico más eficiente de los tres diseñados es el que tiene un ángulo de ataque de  $10^\circ$ . Aun así, tras realizar las simulaciones se observó que el downforce generado por este alerón es casi la mitad que el graduado a  $20^\circ$ . Por eso estimamos una ventana de eficiencia entre  $[10^\circ, 20^\circ]$  ya que habrá circuitos en los se prefiera optar por una carga aerodinámica mayor a expensas del drag. Si se analizan las imágenes dejadas por los tres perfiles se observa lo siguiente:



Lo que más resalta, sin duda alguna, es la creación de turbulencias tras el alerón. En la primera imagen ( $10^\circ$ ) se puede observar una estela (de color azul) bastante estable, sin muchas turbulencias. En las otras dos imágenes se ve como estas turbulencias van aumentando, lo que hace que también asciendan los valores de drag. Por otro lado se observa un desprendimiento de la capa límite mucho más tardío en el primer alerón que en el de  $30^\circ$ . Esto favorece a la eficiencia aerodinámica puesto que retrasa el punto de partida de las turbulencias y disminuye el drag. Por último se observa cambios

más radicales de velocidad en la segunda imagen, teniendo la parte superior azul (que indica una velocidad del flujo más lenta) y la parte inferior

rojo oscuro, indicativo de altas velocidades. Es por tanto el perfil alar que más contraste crea entre el intradós y extradós y es la razón por la que lo hemos incluido en el intervalo de eficiencia.

Para futuras investigaciones se podría contar con un programa CFD sin límite de puntos de mallado y realizar la simulación en 3D. Si se pudiese contar con este programa, como por ejemplo la versión completa de *SimFlow* se podría complementar al estudio con un análisis de la pieza incluida en el coche y ver su comportamiento global. Además, si se tuviesen conocimientos avanzados de modelación 3D y simuladores, se podría aplicar la pieza a una réplica del coche en un simulador de conducción y experimentar los cambios. Pero tras este estudio y gracias a los datos recogidos se podrían realizar perfiles alares con mejores propiedades para futuras investigaciones. Dándole un buen ángulo de ataque, reduciendo el grosor (ya que la capa límite se desprende muy rápido) redondeando más los contornos para hacer un objeto que retrase el desprendimiento de la capa límite y sea más eficiente, etc.

## Bibliografía

- (Rubén Camúñez Llanos). *Elementos y dispositivos aerodinámicos en la Fórmula 1: parte central del vehículo*.
- Fuentes, C. M. (2016). *Estudio mediante CFD del alerón trasero de un monoplaça con el DRS abierto y cerrado*.
- García, Á. F. (s.f.). *Física con ordenador*. Obtenido de Dinámica de fluidos: [sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/dinamica/bernoulli/bernoulli.htm](http://sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/dinamica/bernoulli/bernoulli.htm)
- Llurba, L. (s.f.). *¿Qué impide que un Fórmula Uno salga volando?* Obtenido de Red Bull Racing: <https://www.redbull.com/es-es/formula-uno-carga-resistencia-aerodinamica-alerones-historia>
- Mompo, M. B. (s.f.). *Uso del calculo numérico CFD para el estudio de actuaciones de una moto de competición*.
- Motor.es. (s.f.). *Técnica - ¿Qué es la carga aerodinámica? - Fórmula 1*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=cFEtVtqoFs>
- Newey, A. (2017). *How to build a car?* Londres.
- RODRÍGUEZ, E. (s.f.). *La aerodinámica en la Fórmula 1*. Obtenido de Fieras de la Ingeniería: <https://www.fierasdelaingenieria.com/la-aerodinamica-en-la-formula-1/>
- SimFlow. (s.f.). *Tutorials*. Obtenido de <https://help.sim-flow.com/ug/tutorials/>

*Republicanos españoles exiliados en Francia  
deportados a Mauthausen. ¿Fue la ocupación  
alemana de Francia (mayo, 1940 –  
diciembre, 1944) la única causa de la deportación  
de exiliados republicanos españoles a  
Mauthausen?*

*María Robledo Martín*



### ***Introducción***

Mediante esta investigación respondo la pregunta planteada como título del trabajo. Para ello es necesario valorar las condiciones sociales y políticas de los españoles exiliados a Francia, entender la situación política de este país en el contexto de la II Guerra Mundial, y las relaciones entre los líderes de los países involucrados. Además, analizaremos evidencias con enfoques de diferentes historiadores y personalidades políticas para poder llegar a una conclusión fundamentada.

### **Análisis historiográfico**

Para realizar la investigación he utilizado fuentes muy diversas; publicaciones, documentales, libros, vídeos y discursos. Estas fuentes, además de aportar datos objetivos y precisos como fechas de los acontecimientos, (algo muy relevante para mi investigación), aportan diferentes perspectivas sobre

esta cuestión histórica, incluyendo el trabajo de los historiadores Benito Bermejo y David Wingeate Pike.



*Imagen 0: La entrada a Mauthausen en 1940*

Sirviéndome de otras fuentes, como artículos de periódicos y discursos de algunas personalidades relevantes como Hitler o August Eigruber<sup>96</sup>, he podido contrastar diferentes informaciones de fuentes primarias y secundarias, así como diferentes enfoques para un mismo hecho, lo que ha sido enriquecedor.

Una vez leídas, visualizados y analizadas las distintas fuentes, he seleccionado los que pudieran servir a esta investigación, extrayendo lo más relevante. Posteriormente, he tenido que hacer un ejercicio de análisis y síntesis de la información, seleccionando lo concreto y ordenándolo cronológicamente para construir la estructura de la investigación que me ha permitido llegar a mi conclusión.

## **La Guerra Civil Española (1936-1939): comienzo del exilio**

Durante el último periodo de la Guerra Civil Española, a medida que las tropas franquistas iban tomando Cataluña, decenas de miles de españoles republicanos (Wingeate, 2003: 39) se exiliaron a Francia; “huían empujados por el miedo físico o psicológico de los últimos momentos de una guerra perdida” (Alted, 2005: 43).

La mayoría huían a Francia por carretera, soportando las ráfagas de ametralladora de los aviones Nacionales a los “rojos” Cuando llegaban a

---

96 Gobernador del alto Danubio

Francia en muchos casos eran redirigidos a campos de refugiados como el de “Argelés-sur-Mer”, como fue el caso del oficial del ejército republicano Eulalio Ferrer, que narra: “...me atrapan los gendarmes franceses y quedo dentro de un círculo de cientos más. Se nos conduce al otro lado de las alambradas.” (Santos, n.d.)

Aún después del fin de la guerra (1/abril/1939), muchos españoles continuaron cruzando la frontera de Francia en busca de seguridad y mejor porvenir, comenzando para todos ellos el exilio.

### **Contexto político y social de Francia durante la Guerra Civil Española (1936-1939)**

Antes del inicio de la II Guerra Mundial, el 7/marzo/1936, Alemania ocupó el Rhin, y, Francia no reaccionó debido a su política de apaciguamiento, provocándose división entre la izquierda y la derecha de este país; la izquierda se oponía a la guerra mientras que la derecha estaba dispuesta a afrontarla (Exordio, n.d.).

El 3/mayo/1936 se convocaron elecciones y ganó la coalición de izquierdas “Frente Popular”; su Primer Ministro León Blum devaluó el franco e introdujo la congelación general de salarios (Durgan, 2014). Ese gobierno no agotó la legislatura y en 1938 se convocaron nuevas elecciones, ganando el Partido Radical Socialista y siendo nombrado Édouard Daladier Primer Ministro (Exordio, n.d.). Franco envió una felicitación personal por su nombramiento a Daladier: “Deseo expresarle mi satisfacción porque haya sido su excelencia quien haya sido encargado para tan alta misión” (Franco, 1939).

El 30/septiembre/1938 se firmó el Pacto de Munich por Alemania, Italia, Francia y Reino Unido, estableciendo que Hitler podía ocupar los Sudetes, (una parte de Checoslovaquia). A raíz de esa firma, Daladier, en un principio partidario de la Segunda República Española, activó una campaña contra los exiliados republicanos españoles motivada por el miedo a la entrada del comunismo. Bajo el pretexto de mejorar la economía francesa, implementó varios decretos de seguridad nacional, economía general y protección del orden público. El punto culminante de esta política represiva fue el decreto-ley del 12 de noviembre, “Loi des Suspects” (ley de sospechosos y “extranjeros indeseables”) (Peschanski, 2002), cerrando los pasos fronterizos para evitar la entrada de españoles. Introdujo medidas para endurecer los requisitos de acceso a la nacionalidad francesa, (Hernández, 2015: 93) y a los pocos meses, siendo Pétain embajador francés en España (2/marzo/1939), fomentó la repatriación de refu-

giados republicanos españoles puesto que suponían un alto coste para el país.

En agosto de 1939, Pétain explicó a los norteamericanos que acabada de entrevistarse con Franco, comentándole que había ciento cincuenta mil derrotados españoles refugiados en Francia suponiendo un alto coste económico, y preguntándole qué se podía hacer con ellos. La respuesta fue: «Entrégueme cincuenta mil». Sobre los cien mil restantes no profirió ni una palabra o, lo que es lo mismo, los abandonó en manos francesas. Pétain aseguró, y así quedó recogido en el documento guardado en Estados Unidos, que Franco quería cincuenta mil presos con la intención de dividirlos en dos grupos: uno destinado a trabajos forzados y el resto para juzgarlo y fusilarlo. Francia no entregó a los 50.000 refugiados pues, siempre según versión de Pétain, al comunicar a los exiliados españoles la posibilidad de ser repatriados, se negaron a regresar por miedo a sufrir represalias (Halberstam, 2008).

### **Invasión parcial de Francia por Alemania: el régimen colaboracionista de Vichy y el comienzo de las deportaciones. (1940-1941)**

El Gobierno de Deladrier tan solo duró dos años, en mayo de 1940 la Wehrmacht, (ejército alemán), invadió Francia parcialmente al amparo del armisticio franco-alemán en Compiègne (Exordio, 2016).



*Imagen 1: Representación de la división de Francia en 1940 y la cual duró hasta 1942, con la invasión completa de Francia por parte de Alemania*

El 10/julio/1940 se aprobó por una mayoría de 569 diputados la suspensión de las leyes constitucionales y, dos días más tarde, Pétain se autoproclamó jefe del denominado «État français», obteniendo plenos poderes y siguiendo unos valores tradicionalistas; Trabajo, Familia y Patria (Aizpuru, n.d.:9)

Ese año Francia tuvo serios problemas para la recolección de cosechas por los fuertes combates del verano, cosechas ya diezmadas por el duro invierno 1939-40 (Aizpuru, n.d.:10), lo que sumado a otros factores (miedo a la muerte; presión psicológica por tener prisioneros en campos alemanes (1.600.000), etc.), hizo que la población viera en Pétain una alternativa y se uniera a él (González, 2010:8)

El 27/septiembre/1940, René Belin, ministro de Trabajo y Producción industrial de Vichy, introdujo una ley por la cual todos los extranjeros varones de entre 19 y 54 años que fueran una carga para la economía francesa o los que no podían ser devueltos a su país de origen, podrían ser reclutados para los “Groupes de Travailleurs Étrangers” (Compañías de Trabajadores Extranjeros); por lo que muchos refugiados republicanos españoles en Francia fueron reclutados y puestos al servicio del ejército francés durante la II Guerra Mundial. (Wingeate, 2003: 39) Estos trabajadores extranjeros participaron en la construcción de la línea Maginot (Geneviève, 1999 :35)

Los acuerdos de colaboracionismo de Francia con Alemania se cerraron en la Entrevista de Montoire el 24/octubre/1940, con Hitler y Pétain como protagonistas en primera persona (Aizpuru, n.d.)



*Imagen 2: Pétain (izquierda) con Hitler (derecha) en la Entrevista de Montoire (1940)*

Este acuerdo establecía la conocida como “La Francia de Vichy”; una parte libre de ocupación alemana bajo un régimen colaboracionista, concretando las condiciones de paz. Los franceses quedaron divididos entre simpatizantes y resistentes al nuevo régimen colaboracionista y po-

dríamos decir que hubo un enfrentamiento civil en Francia mientras duró la ocupación (Aizpuru, n.d.).

### **Impacto en los republicanos españoles exiliados de la invasión parcial de Francia por Alemania (1940-1941)**

Cuando las tropas alemanas invaden Francia, muchos de los integrantes de las Compañías de Trabajadores son hechos prisioneros y, los que se encontraban en la zona de la “Francia libre”, son internados en campos de internamiento de trabajadores (Deportados, 2016).

Los que se encontraban en la zona norte y los que habían trabajado en la construcción de la línea Maginot, la cual fue arrasada por la Wehrmacht, fueron mandados a Alemania, a los Stalags, campos de concentración para prisioneros de guerra en la II Guerra Mundial, especialmente al Stalag XIII-A en Nuremberg (Wingeate, 2003: 41). Durante esta deportación los alemanes ignoraron las Convenciones de Ginebra<sup>97</sup> sobre prisioneros de guerra establecidas en 1929; los presos republicanos españoles que fueron llevados a Stalags serían enviados a Mauthausen (Bermejo & Checa, 2010: 12). En 1940, más de 10.000 españoles fueron hechos prisioneros por Alemania y el gobierno de Vichy “no hizo ningún intento para protegerlos”<sup>98</sup> (Wingeate, 2003: 39), pasividad debida a dos factores: la “soberanía” del territorio del Gobierno de Vichy dependía directamente de su colaboracionismo con Alemania, y la Francia de Vichy subsistía, en parte, por los recursos explotados en zona alemana (González, 2010:8).

De lo expresado por August Eigruber, el 27/junio/1941 en una circular para oficiales nazis de Ebensee, no existía una motivación concreta para mandar a los españoles a los campos de concentración, sino que se encontró con más de 6000 personas de las que ninguna nación se hacía responsable. Decía:

“Cuando el año pasado ocupamos Francia, Herr Petain nos entregó a 6.000 rojos españoles diciendo: “no los necesito y no los quiero”; ofrecimos esos 6.000 rojos al jefe del Estado fascista Franco, el caudillo español los rechazó diciendo que nunca repatriaría a quienes habían combatido por una España soviética. Entonces se los ofrecimos a Stalin, proponiéndole transportarlos. Herr Stalin y

---

97 Innovaciones más importantes: prohibición de represalias y castigos colectivos, organización del trabajo de los reclusos y control ejercido por las Potencias protectoras. «International Humanitarian Law - Geneva Convention Prisoners of War 1929» (en inglés). Consultado el 23/diciembre/2017.

98 Otros trabajarían para la Organización Todt (OT) en la construcción del Muro Atlántico.

su Komitern se negaron a aceptarlos. Así que los rojos españoles terminaron sus días en Mauthausen”. (Wingeate, 2003: 42).

Una vez vistas las opciones, y que ningún país reconocía a los republicanos españoles en el exilio, no se volvió a sondear opciones y la instrucción era muy concreta, tal y como indicaba Heinrich Müller<sup>99</sup>:

“Los excombatientes extranjeros de las Brigadas Internacionales republicanas, así como los ciudadanos españoles que han sido detenidos (...), por orden del Führer serán puestos a disposición de la Gestapo y conducidos a campos de concentración” (Solar, 2010: 31).

## **Invasión militar de la “Francia de Vichy” en 1942. Se incrementa la presión sobre los republicanos españoles.**

La presión sobre los exiliados republicanos españoles crecía y se plasmaba en la vida cultural del país, como en la inauguración de la exposición internacional llamada “Le bolchevisme contre l’Europe” (1/marzo/1942) cuyo objetivo era mostrar el rechazo hacia el comunismo, (España participó junto con otros países), y en la que se mostraba lo que podía suceder en Europa si no se frenaba al bolchevismo internacional, así, De Brinon (Embajador de la Francia de Vichy en el territorio administrado militarmente por los nazis), en su inauguración recurría al ejemplo de España y animaba a luchar “contra los criminales que quieren acabar con la nación francesa”, refiriéndose a los republicanos y comunistas (Moreno Cantano, 2017:7).

Así, el historiador Benito Bermejo señala dos factores de rechazo hacia los refugiados:

“El ideológico; una oposición completa a lo que ha representado la República Española y un enorme miedo al comunismo. El segundo factor es el “racista”; los españoles ponen en peligro el modelo de convivencia de “...su mundo civilizado”” (Bermejo, 2014: 93-94).

Un paso adicional de “la Francia de Vichy” que supuso mayor presión sobre los republicanos españoles, se produjo en junio/1942, cuando Pierre Laval (Jefe de Gobierno Francés nombrado sólo dos meses antes, el 18/abril/1942), autorizó a la Gestapo a hacer redadas contra miembros de “la Resistance” en la Francia no ocupada (Exordio, 2016).

---

99 jefe de la Gestapo

La Francia de Vichy fue invadida el 11/noviembre/1942 por la Wehrmacht, significando que todo el territorio francés quedaba militarmente en manos alemanas, aunque en términos administrativos se mantenía el Gobierno de Vichy (Toynbee, 1985).

Este hecho aceleró la deportación de españoles a Mauthausen, ya que como menciona el historiador Jean Ortiz;

“quienes detienen a los españoles que colaboran con la Resistencia son, en muchos casos, los gendarmes franceses que trabajan codo con codo con la Gestapo”. (Hernández, 2015: 100).

Recordemos que los españoles, motivados ideológicamente, colaboraron con la resistencia al Régimen de Vichy, y por ello, los detenidos en la “Francia libre” serían tratados como revolucionarios.

El grupo al que se refiere Ortiz como “gendarmes franceses”, serían lo que se llamó “La Milice Française”, que colaboraron con la Gestapo en 1942 cuando la entrada de tropas alemanas en la zona de la Francia libre (González, 2010:14). Los milicianos aparecieron como una imitación local de la SA o de la SS, alcanzando los 45.000 miembros incluyendo a los partidarios más radicales de Pétain, caracterizados por su anticomunismo (González, 2010:15).

Adicionalmente, la Francia de Vichy reforzó la consideración de los españoles miembros de los grupos de trabajadores extranjeros como personal civil, por lo que no serían considerados prisioneros de guerra y serían deportados a campos de concentración (Bermejo & Checa, 2010:12). En 1942, Gamelin, como Jefe del Estado Mayor del ejército francés concreta:

“Las compañías de trabajadores españoles son unidades de mano de obra que no pueden considerarse pertenecientes a las fuerzas del ejército del país... Si los miembros franceses de dichas unidades son militares, el personal de nacionalidad española que las compone es, por lo contrario, totalmente civil. Los trabajadores españoles capturados en Francia durante la guerra son por lo tanto prisioneros civiles. Así pues, el Estado Mayor del Ejército solo puede dejar a la Oficina del Ministerio la tarea de precisar al Servicio Diplomático de los prisioneros de guerra, las condiciones en las que los intereses de dicho personal extranjero en cautividad deben ser representadas ante las autoridades alemanas” (Hernández, 2015:101)

## **Influencia del Gobierno de Franco durante las deportaciones a Mauthausen.**

### **Relación entre Hitler y Franco**

A Hitler y Franco les unía su lucha contra el comunismo y el miedo a su expansión desde la URSS. Hitler apoyó a Franco durante la Guerra Civil Española, motivado por impedir que España fuese gobernada por fuerzas republicanas afines al Comunismo y enemigas de Alemania (Von Weizsäcker, 1977, p. 104).

Ya finalizada la Guerra Civil Española, Franco y Hitler se reunieron en Hendaya el 23/octubre/1940 para acordar los términos en los que España entraría en la Segunda Guerra Mundial (Martín, 2015) y las contraprestaciones por ello. Aunque finalmente no llegaron a ningún acuerdo, la relación entre ellos se mantuvo con el objetivo común de lucha contra el comunismo.



*Imagen 3: Franco y Hitler en Hendaya (1940)*

### **Contraste de fuentes y debate historiográfico sobre el papel del Gobierno de Franco en las deportaciones a Mauthausen.**

A partir de la declaración de August Eingruber en la que ningún país reconoce a los republicanos españoles capturados por Alemania en Francia, llegamos a un debate historiográfico sobre el grado de conocimiento e implicación del Gobierno de Franco en la deportación de estos españoles a campos de concentración. Serrano Suñer, el ministro de asuntos exteriores, durante una entrevista con Monserrat Roig le dijo: “Se lo comenté de pasada porque alguien me lo dijo en el avión de ida, los nazis me dijeron que no eran españoles sino gente que había combatido contra

ellos en Francia” (Monserrat, 2001: 22). Serrano Suñer con “el avión de ida” se refiere al viaje de la reunión que mantuvo en Alemania entre los días 16 y 25 de septiembre de 1940 con Heinrich Himmler<sup>100</sup> y Reinhard Heydrich<sup>101</sup> (Hernández, 2015: 233).

Sin haber datos objetivos ni tener evidencia de que exista una transcripción de esa reunión, sí es cierto que cuando Serrano Suñer regresó a España (25/septiembre/1940), empezó la deportación de españoles al campo de concentración de Mauthausen (Wingeate, 2003: 234). Además, ese mismo día empezó la política “Nacht und Nebel”; “*Seguid como la noche y la niebla*”, tienen que desaparecer (Roig, 2001: 198), que condenaba a los prisioneros españoles; se emitió una orden muy específica titulada “Tratamiento en los territorios alemanes y exteriores de los antiguos combatientes rojos españoles” que decía: “por orden del Führer (...) de entre los combatientes rojos de la guerra de España, por lo que a los súbditos españoles se refiere, procede directamente su traslado a un campo de concentración del Reich”<sup>102</sup> (Hernández, 2015: 233) Otra evidencia que podría indicar que Serrano Suñer tuvo influencia en la deportación de los españoles es el hecho de que, en septiembre de 1940, cuando Suñer se fue de Alemania, la Oficina de Seguridad del Reich envió una circular a todas las oficinas de la Gestapo indicando que buscasen a los miles de españoles que habían servido al ejército francés y que seguían encerrados en campos de prisioneros de guerra donde se respetaban las convenciones internacionales. La orden era sacarlos de allí y mandarlos a Mauthausen para ser exterminados (Hernández, 2017).

Por otra parte, al no existir transcripciones de la reunión, historiadores como David Wingeate Pike sostienen que “la convicción, dominante en los círculos republicanos españoles durante los últimos 50 años, de que la decisión alemana fue el resultado de una petición de Suñer a Himmler carece de soporte documental y la evidencia en la que se sustenta es una ficción demostrable”<sup>103</sup>(Wingeate, 2003: 42). Además, Serrano Suñer defiende en sus memorias publicadas bajo el título “Entre Hendaia y Gibraltar” que en 1940 no sabía nada del genocidio nazi pero que, durante su estancia en Alemania, en Berlín, pudo ver “alguna estrella de David en el brazo de algún judío” (Roig, 2001: 19).

---

100 Uno de los principales líderes del Partido Nazi (NSDAP)

101 jefe del departamento Central de Seguridad del Reich

102 Documento de Benito Bermejo para Carlos Hernández.

103 Los historiadores Pike y Fabrèguet (Cf. Pike, *Jours*, p.13; Fabrèguet, *Groupe*, pp. 34-35) señalan que a Mauthausen habían llegado más de mil españoles antes de que Serrano Suñer fuese a Berlín del 15 al 25 de septiembre, 1940.

Sin embargo, Benito Bermejo, considera que la promulgación de la orden que hemos mencionado antes tiene relación evidente con las conversaciones mantenidas por Serrano Suñer:

“Creo que es algo más que una casualidad. La víspera, el ministro español se había visto con Himmler y con Heydrich. En la orden se determina que los denominados “combatientes de la España roja de nacionalidad española” sean puestos en manos de la Gestapo y enviados a un campo de concentración. No especifica que ese campo sea Mauthausen, pero sí que se les debe retirar la condición de prisioneros de guerra y ser internados en un campo de concentración” (Wingeate, 2003: 234).

Una vez fueron deportados a los campos de concentración, durante su estancia allí, hay evidencias de que el Gobierno Español obtenía información a través del consulado de Franco en Viena<sup>104</sup>. Guillermo Pecker y Cardona, el cónsul español en Alemania en 1941 y canciller en 1944, fue el funcionario que más contacto tuvo con los sucesos de Mauthausen.

Guardados en el Bundesarchiv de Berlín, hay 500 archivos diplomáticos españoles descubiertos por las fuerzas aliadas de la Segunda Guerra Mundial durante la invasión de Austria en 1945 y que han servido para constatar que la embajada española tenía conocimiento del destino de los españoles exiliados a Alemania (Wingeate, 2003: 210). Por ejemplo, varias cartas fueron escritas por Pecker Cardona en el consulado español de Viena dirigidas al Kommandantur del KL-Mauthausen, pidiendo los efectos personales de determinado prisionero español cuya muerte había sido notificada al consulado.

Un caso evidente de la influencia y relación que tenía Serrano Suñer encontramos a Joan Bautista Nos Fibla<sup>105</sup> (Hernández, 2017), liberado de Mauthausen el 22/agosto/1941 y mandado a Berlín, desde donde viajó a su localidad natal, y está considerado una “prueba viviente de la responsabilidad directa y arbitrariedad que el dictador Francisco Franco tuvo en la deportación y el asesinato de miles de españoles en los campos de la muerte de Hitler” (Hernández, 2017). Él, junto a su hermana y sus padres estuvieron en el campo de refugiados de La Combe Aux Loups, fueron después trasladados al de Les Alliers, junto a la ciudad de Angulema. Tras la ocupación alemana, el Gobierno de Vichy coordinado con Berlín, orga-

---

104 Desde Anschluss (1938), la Embajada española en Vienna se redujo a un consulado. La victoria de Franco en 1939 hizo que las misiones diplomáticas de España cayesen en sus manos.

105 Mandado el 20 de agosto, 1940 a Mauthausen

nizó la deportación de todos los refugiados del campo (Deportados,2016). El 20/agosto/1940, 927 civiles españoles iniciaban un viaje de cuatro días en un tren para transporte de ganado hasta Mauthausen, donde estaba el campo de concentración. Ingresaron 488 hombres (Hernández, 2017); entre ellos Joan Bautista y su padre José. Su familia utilizó a conocidos del régimen franquista para contactar con el ministro Serrano Suñer, quien gestionó su liberación (Deportados,2016). Como única razón encontramos que Serrano Suñer y Fibla compartían su lugar de nacimiento, Alcanar (pueblo tarraconense con 6087 habitantes en 1940) (Foro-ciudad, 2018); siendo éste uno de los dos únicos prisioneros liberados de Mauthausen (Hernández,2017). Los alemanes no pusieron problemas para repatriarles a España y, las autoridades españolas, nunca se interesaron por su experiencia en los campos. O no les importaba o sabían perfectamente lo que ocurría o, ambas cosas. (Hernández, 2015: 235).

En el archivo del Ministerio de Asuntos Exteriores se conservan varias cartas del embajador de Berlín, el conde Mayalde (Wingeate, 2003:212), interesándose por otros prisioneros que siempre concluían:

“Hechas oportunamente las gestiones pertinentes cerca del Ministerio de Negocios Extranjeros del Reich, éste me contesta que el mencionado prisionero ha fallecido en Mauthausen”.

Estas negociaciones del Gobierno de Franco para liberar presos de Mauthausen fueron secretas hasta que en 1945 se encontraron en los 500 documentos hallados por los aliados (Wingeate, 2003: 210)., por lo que no tuvieron ningún tipo de impacto o repercusión internacional.

## **Conclusión**

Respondiendo a la pregunta de investigación, y como consecuencia del análisis realizado, la ocupación alemana de Francia no fue la única causa de la deportación de los españoles republicanos a Mauthausen, sino que fue un hecho multicausal provocado por:

- I. Motivos ideológicos: eran vistos como defensores del comunismo, cuya extensión suponía el principal miedo del Gobierno Francés y Alemania. Además, muchos combatieron junto con la resistencia francesa contra las fuerzas alemanas de ocupación, por lo que fueron enemigos objetivo de la Gestapo y del gobierno colaboracionista de Vichy
- II. La difícil situación económica en Francia, acrecentada por el impacto de las batallas y las malas cosechas de 1940, hicieron crecer a la extrema derecha con actitudes racistas que rechaza-

ban costear el mantenimiento de miles de refugiados extranjeros, alimentando la radicalización y señalando a los republicanos españoles como una amenaza para el “estilo de vida civilizado francés”

- III. El no reconocimiento por parte del Gobierno de Franco, les convirtió en apátridas, y como tal, ningún país se interesó por su destino, lo que unido a ser considerados personal civil, hizo que su destino final fuera Mauthausen en lugar de los Stalags para prisioneros de guerra, ya que el Estado Mayor del Ejército Alemán se desentendía y dejaba en manos del Servicio Diplomático su tratamiento.
- IV. Si bien no puedo probar que el Gobierno de Franco ordenase su deportación, es evidente que no se opuso, y Benito Bermejo, sospecha que es demasiada coincidencia el regreso a España de Serrano Suñer el 25/septiembre/1940 con el inicio de la política de deportación, aunque al no existir transcripción de la reunión, todo queda en el terreno de la “ficción demostrable” que indica David Wingate.
- V. Después del 25/septiembre/1940 existían órdenes directas de Hitler para el envío de los presos españoles a campos de concentración. Por ejemplo, la orden denominada “Tratamiento en los territorios alemanes y exteriores de los antiguos combatientes rojos españoles”.

## **Bibliografía**

- Aizpuru, M. (n.d.). *ADIÓS MUCHACHOS O LA AVENTURA DE LOS JUDÍOS EN LA FRANCIA DE VICHY*. Universidad del País Vasco.
- Alarcón, J. (2015). *Franco y Hitler en Hendaya: España aceptó entrar en la guerra*. [online] ELMUNDO. Disponible en: <http://www.elmundo.es/la-aventura-de-la-historia/2015/03/12/5501825622601d99118b4570.html> [Visitada el 7 Feb. 2015].
- Alted, A. (2005) *La voz de los vencidos: El exilio republicano de 1939*. Madrid: Ed. Aguilar; 512.
- Andrés, C. G. (2015). *Mauthausen, el campo de los españoles*: Diario Local de La Rioja:1-3.

- Bermejo, B. (2017). [online] *Los españoles del campo de exterminio nazi de Mauthausen* [Entrevistado por G. Muñoz & E. García]. En *Cadena SER*. Madrid, Madrid: Cadenaser.com.
- Deportados. (2018). *Joan Bautista Nos Fibla*. [online] Disponible en: [http://deportados.es/nos\\_historia](http://deportados.es/nos_historia) [Visitada el 4 ene. 2018].
- Durgan, A. (2014). *Francia 1936: Frente Popular y lucha obrera*. [online] En *Lucha*. Disponible en: <http://enlucha.org/diari/francia-1936-frente-popular-y-lucha-obrera/#.Wprb0UxFzIU> [Visitada el 7 Mar. 2018].
- El deber de recordar, (2012). [Programa de TVE] 1: RTVE.
- Exordio. (n.d). *Daladier, Eduard*. [online] Disponible en: <http://www.exordio.com/1939-1945/personajes/daladier.html> [Visitada el 4 Mar. 2018].
- Exordio. (2018). *Francia: La Segunda Guerra Mundial (1939-1945)*. [online] Disponible en: <http://www.exordio.com/1939-1945/paises/francia.html> [Visitada el 6 Mar. 2018].
- Foro-ciudad.com. (2018). *Análisis demográfico habitantes de Alcanar 1900-2017*. [online] Disponible en: <http://www.foro-ciudad.com/tarragona/alcanar/habitantes.html#Evolucion> [Visitada el 3 feb. 2018].
- Geneviève D.(1999) *L'exil des républicaines espagnoles en France. De la guerre civile a la mort de Franco*. París: Editions Albin Michel.
- González, M. (2010). El Régimen de Vichy: fascismo en la Francia “libre” (1940-1944). *Claseshistoria*, [online] (136). Disponible en: <http://file:///C:/Users/Maria%20Robledo/Downloads/Dialnet-ElRegimenDeVichy-5163807.pdf> [Visitada el 6 Mar. 2018].
- Graham, H. (2006) *Breve historia de la guerra civil*. Madrid: Espasa-Calpe; 240.
- Hernández, C. (2015). *Los Últimos españoles de Mauthausen*. 9º ed. Barcelona: Ediciones B; 576
- Mayor, T. (2014). *Republicanos españoles en campos de concentración Nazis*. *Revista de Claseshistoria*, (Nº 414).
- Montoire : les raisons d’une cécité. (2005). *REVUE GUERRES MONDIALES ET CONFLITS CONTEMPORAINS*. [online] Disponible en: [http://www.delpla.org/article.php3?id\\_article=122#nh5](http://www.delpla.org/article.php3?id_article=122#nh5) [Visitada el 4 ene. 2018].
- Moreno Cantano, A. (2017). La participación del régimen franquista en la exposición internacional anticomunista Le bolche-

- visme contre l'Europe (1942). *Revista Universitaria de Historia Militar*, [online] 6(12); 1-23. Disponible en: <http://file:///C:/Users/Maria%20Robledo/Downloads/Dialnet-LaParticipacionDelRegimenFranquistaEnLaExposicionI-6237950.pdf> [Visitada el 5 Feb. 2018].
- Peschanski, D. (2002) *La France des camps : l'internement 1938-1946*. Paris: Gallimard.
  - Roig, M. (2001) *Els catalans als camps nazis*. Barcelona : Edicions 62 ; 828.
  - Rommel, E. (2018). [online] La Segunda Guerra. Disponible en: <http://www.lasekundaguerra.com/viewtopic.php?t=8737> [Visitada el 6 Sep. 2017].
  - Santos, F. (n.d.). *Exiliados y emigrados: 1939-1999*. Españoles en el mundo.
  - Solar, D. (2010) “*Un campo de concentración del que sólo se salía por la chimenea. La cantera de la muerte*”, *Revista La Aventura de la Historia*, nº 140.
  - Torrente, L. F. (2015). [online] *Mauthausen: Maneras de matar*. Disponible en: <http://ctxt.es/es/20150611/culturas/1412/Holocausto-Benito-Bermejo.htm>. [Visitada el 6 Sep. 2017].
  - Toynebee, Arnold (1985). *La Europa de Hitler*. Madrid: Sarpe.
  - Vilanova, M. (2014). *Mauthausen, después*. 1º ed. Cátedra.
  - Viñas, A. (1977). *Alemania Nazi y el 18 de Julio*. Madrid, (España): Alianza; 472
  - Weizsäcker, E. (1977). *Die Weizsäcker- Papiere 1900 - 1932*. Frankfurt, Alemania: Propyläen.
  - Wingeate, D. (2013). *Españoles en el Holocausto*. 1º ed. Barcelona: Random House Mondadori; 624.

### Imágenes

- **Imagen 0:** Deportados. (1940). *Ferrovionario, carabinero, deportado...* [online] Disponible en: [http://deportados.es/antonio\\_biografia](http://deportados.es/antonio_biografia) [Visitada el 3 feb. 2018].
- **Imagen 1:** Ayme, P. (2018). *Patrice Ayme's Thoughts*. [online] Disponible en: <https://patriceayme.files.wordpress.com/2017/05/france-occupation-zones.png> [Visitada el 4 feb. 2018].
- **Imagen 2:** Iconic Photos. (2018). *Pétain meets Hitler* [online] Disponible en: <https://iconicphotos.wordpress.com/2009/05/11/petain-meets-hitler/> [Visitada el 3 feb. 2018].

- **Imagen 3:** Anon, (2013). *El Reflejo en la ventana*. [online] Disponible en: <https://elreflejoenlaventana.wordpress.com/2013/12/28/la-tabla-periodica-de-los-elementos-guerras-nazis-molibdeno-y-wolframio/> [Visitada el 2 feb. 2018].

# Estudio comparativo de la acción catalizadora del KOH, NaOH Y EL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el proceso de obtención de etanol a partir de patata y de residuos de madera

*Rocío Valera Falla*



## ***Introducción***

La presente investigación tiene como objetivo principal realizar un estudio comparativo de bases y ácidos fuertes como catalizadores en el proceso de obtención del etanol a partir de patata y residuos de madera.

“Una vez que hayas probado el vuelo siempre caminarás por la tierra con la vista mirando al cielo, porque ya has estado allí y allí siempre desearás volver” (Leonardo da Vinci)

Durante una visita al *Weta Workshop Studio* hace dos años, mis ojos se abrieron al fascinante e inmenso mundo de la ingeniería. Al recorrer esta compañía de efectos especiales de Nueva Zelanda, mejor conocida por su producción de la película *El Señor de los Anillos*, me maravilló la belleza de la capacidad humana de inventar, y cómo esta invención a menudo va de la mano de la ingeniería. Poco a poco fui forjando una idea más específica de las ramas de la ingeniería que despertaban mi interés, y me topé con la ingeniería aeronáutica que suponía un gran reto, ya que nunca mejor dicho, el límite estaba en el cielo. Viajar en avión siempre me ha fascinado; si bien para la mayoría de las personas es sólo otro medio de transporte más, considero que es una hazaña increíble de tecnología e ingeniería. Cuando se me propuso realizar

una monografía de tema libre, no dudé en dirigir el tema hacia la ingeniería aeronáutica. No obstante, aún seguían siendo muy amplios los términos de ingeniería aeronáutica, por lo que realizando una investigación más profunda me interesé por los motores en sí, y de ahí mi curiosidad por los combustibles. Los combustibles despertaron mi interés no sólo por lo fundamental que resultan dentro del correcto funcionamiento del motor y, en consecuencia, de los aviones y de numerosos estudios en relación con la aeronáutica, sino también por el impacto medioambiental que su uso acarrea y que está siendo tema de interés para gobiernos, empresas y ciudadanos de a pie. Cada vez más los biocombustibles, combustibles que derivan de la biomasa y cuyo uso reduce el volumen total de CO<sub>2</sub> que se emite a la atmósfera, están siendo considerados como los futuros sustitutos de los combustibles fósiles tradicionales, aquellos derivados del petróleo y del carbón.

Los biocombustibles que a día de hoy son los más desarrollados y utilizados son el biodiesel y bioetanol. Centrándonos específicamente en este último tipo de biocombustible, reconocemos varios tipos de materias primas a partir de los cuales podemos obtener etanol y que agrupamos en tres principales grupos:

- Sustancias con alto contenido de sacarosa.
- Sustancias con alto contenido de almidón.
- Sustancias con alto contenido de celulosa.

Investigando acerca de los procesos de obtención de etanol a partir de estos dos últimos tipos de materias primas, me surgió la curiosidad por ver cómo se podía optimizar dichos procesos. En concreto, me atrajo la idea de estudiar sobre catalizadores, inspirada en el importante papel que juegan en la industria petroquímica, y es de ahí de donde nace el argumento de esta monografía.

## **Objetivo de investigación**

La finalidad de la presente monografía es realizar un estudio comparativo de la acción catalizadora del KOH, del NaOH y del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en dos procesos de obtención diferentes del etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) a partir de dos materias primas: a partir de la patata por su alto contenido en almidón y a partir de los residuos de madera por su alto contenido en celulosa. El estudio comparativo se basará en el porcentaje en volumen de C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH obtenido.

## Línea de desarrollo

El bioetanol, también llamado etanol de biomasa, es un biocombustible que se obtiene a partir de la fermentación de azúcares que se encuentran en la materia orgánica de productos vegetales. *Estos azúcares están combinados en forma de sacarosa, almidón, hemicelulosa y celulosa.* (Santiago García Garrido, 2009-2012) En concreto, el proceso de bioetanol, se basa en la fermentación alcohólica de la glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) un monosacárido que constituye una de las principales moléculas que sirve como fuente de energía para vegetales.

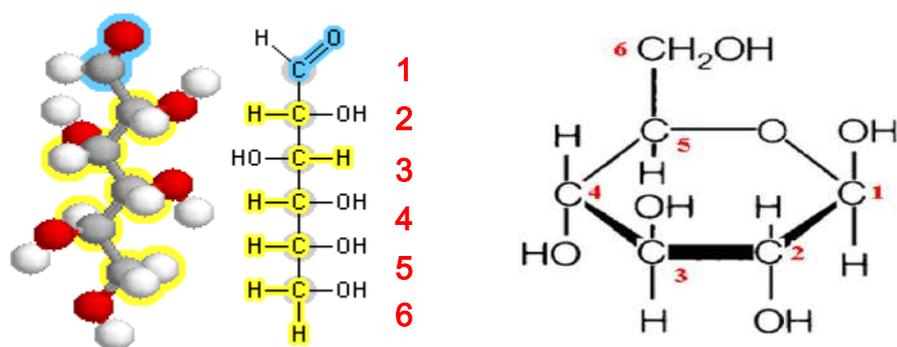
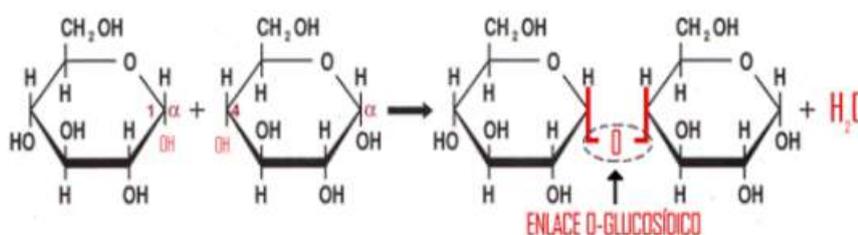


Figura 1. Estructura espacial y de Fisher (derecha) y estructura cíclica (izquierda) de la glucosa. Elaboración propia a partir de otras fuentes.

Existen diversos procesos de obtención de glucosa, pero en la presente investigación nos basaremos en la obtención de glucosa a partir de almidón, por ser el principal polisacárido de reserva de la mayoría de los vegetales; y de celulosa, por ser la biomolécula orgánica más abundante en el planeta. Este aspecto resulta crucial ya que, dentro de la optimización del uso de fuentes de energía renovables (como los biocombustibles) en motores como sustitutos de aquellas no renovables (como el queroseno), es importante tener en cuenta la proyección a largo plazo de las materias primas usadas, es decir, al hecho de que se producen a una mayor velocidad de la que se consumen se suma la abundancia del almidón y de la celulosa en la naturaleza lo que las hace preferibles frente a otras posibles fuentes de energía renovables dado que tienen una mayor repercusión a largo plazo.

## Almidón

El almidón es un polisacárido formado por dos polímeros: la **amilo-losa** y la **amilopectina**, en una proporción del 20% y el 80% respectivamente. Ambos polímeros constan de cadenas largas de glucosa, pero difieren en la forma en la que se unen las unidades de glucosa entre sí para formar cadenas (M.A. Gómez, 2003), es decir, en su estructura. Así, la amilosa enlaza las moléculas de glucosa mediante un enlace  $\alpha$ , 1-4 O-glucosídico mientras que la amilopectina posee enlaces  $\alpha$ , 1-4 y  $\alpha$ , 1-6 O-glucosídico. (A. Peña, D.Molina y R.Torres, 2009) En otras palabras, la amilosa enlaza el primer carbón del primer monosacárido ( $\alpha^{106}$ ) con el cuarto carbón del segundo monosacárido mediante un oxígeno (de ahí el nombre del enlace O-glucosídico) debido a que el grupo OH del carbón  $\alpha$  reacciona con el grupo OH del cuarto carbón del segundo monosacárido desprendiéndose una molécula de agua. La sucesión de glucosas se dispone en una estructura helicoidal, es decir, en forma de hélice, con seis glucosas por vuelta.



Enlace O-glucosídico

Figura 2. Wikipedia. Por Eldelcarro (2005)

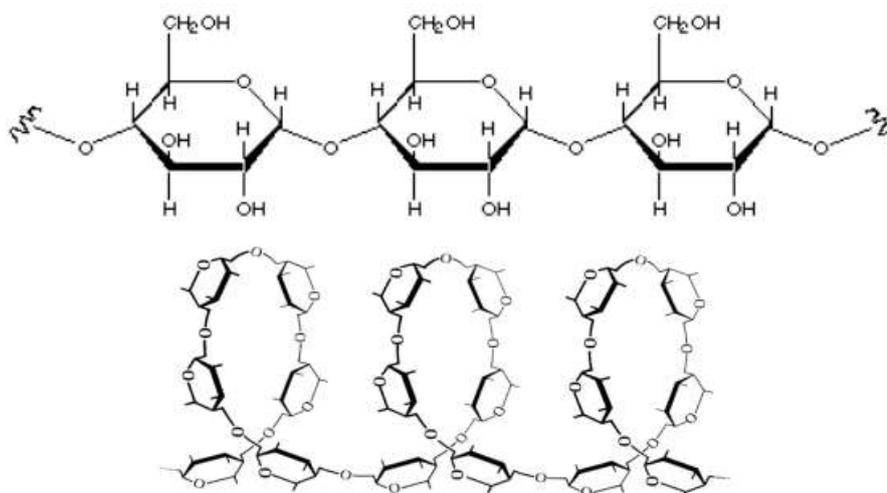
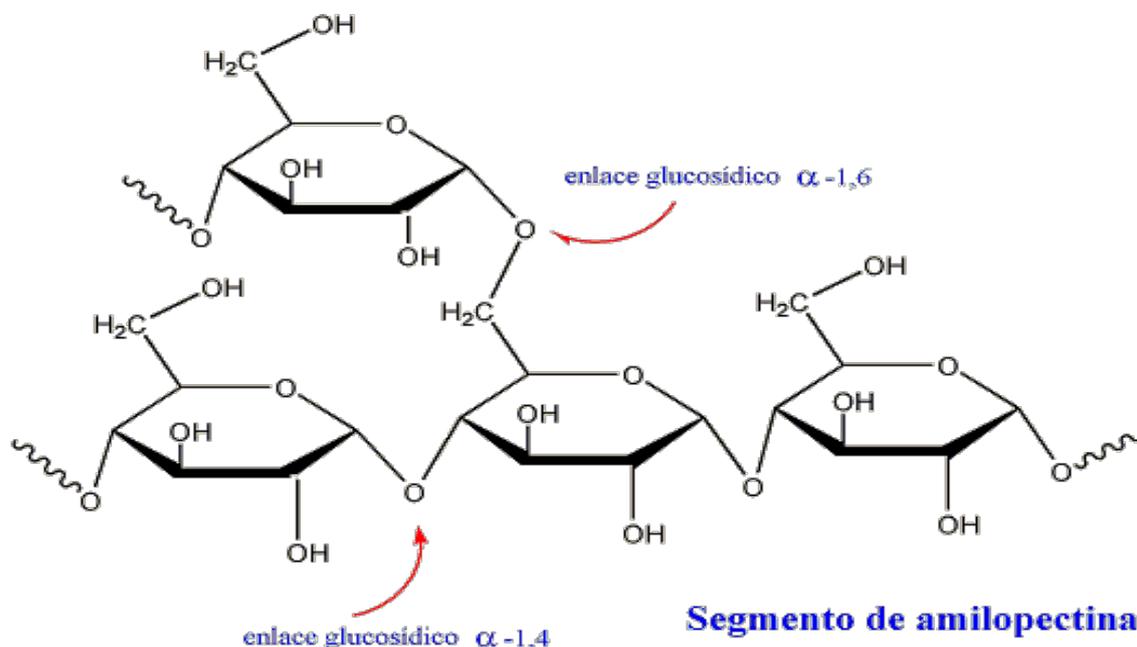


Figura 3. Fórmula estructural (arriba) y estructura helicoidal de la amilosa (abajo). Elaboración propia a partir de otras fuentes.

106 La posición  $\alpha$  hace referencia al primer carbono unido al grupo funcional, en este caso al grupo aldehído (R-CHO).

Por otra parte, la amilopectina además de estar compuesta por glucosas enlazadas entre sí mediante enlaces  $\alpha$ , 1-4, presenta enlaces  $\alpha$ , 1-6 cada doce glucosas en las que el carbono  $\alpha$  se une con el sexto carbono de la siguiente glucosa de forma lateral dando lugar a ramificaciones.

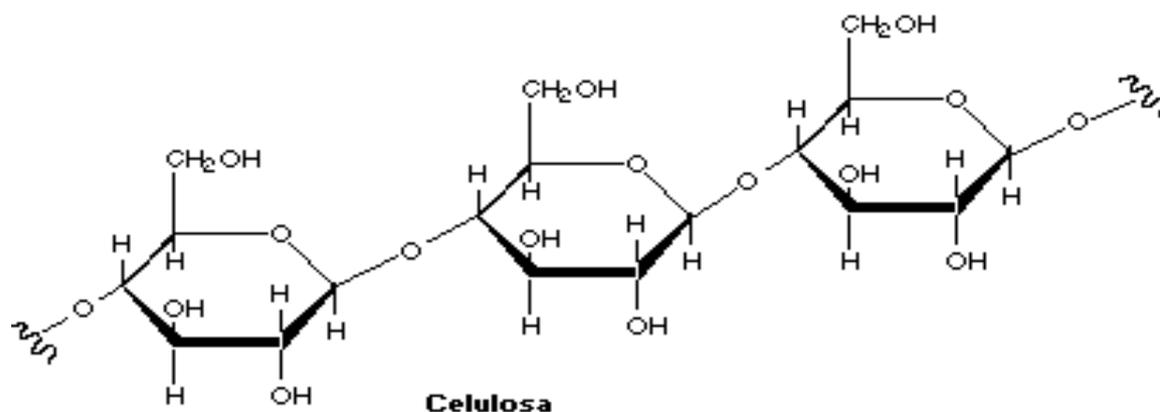


Fórmula estructural de la amilopectina

Figura 4. Portal Químico USAC. Por Facultad de Ciencias Médicas (2005)

## Celulosa

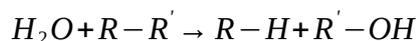
La celulosa es un homopolisacárido formado únicamente por glucosas que se enlazan entre sí por enlaces  $\beta$ , 1-4 *O*-glucosídico. La diferencia con respecto al enlace  $\alpha$ , 1-4 que presentaba el almidón reside en la posición de los hidrógenos: en el almidón se encuentran apuntando hacia la misma dirección mientras que en la celulosa se encuentran apuntando a direcciones diferentes. Además, las moléculas de glucosa realizan un giro de  $180^\circ$  cada dos con respecto a sus moléculas vecinas. *Todo esto da como resultado cadenas largas y rectas y no helicoidales*, (openstax, n.d.) como las presentes en el almidón, lo que le confiere una mayor rigidez.



Fórmula estructural de la celulosa

Figura 5. *biologiamariuxiA*. Por autor desconocido (n.d.)  
Figura 5. *BiologiamariuxiA*. Por autor desconocido (n.d.)

La descomposición del almidón y de la celulosa en glucosa se dará por hidrólisis enzimática de glucoamilasa procedente de *Aspergillus Niger*, y una posterior fermentación alcohólica. La hidrólisis enzimática es el proceso químico de disociación de una molécula debido a la ruptura de los enlaces  $\alpha$ , 1-4,  $\alpha$ , 1-6 y  $\beta$ , 1-4 O-glucosídico en la presencia de agua y enzimas, llamadas hidrolasas. La disociación se produce por la unión de un hidrógeno ( $H^+$ ) con el oxígeno de una de las moléculas en las que se descompone la molécula a hidrolizar, mientras que la otra parte recibe un ion hidroxilo ( $OH^-$ ).



La glucoamilasa procedente de *Aspergillus Niger* hidroliza los enlaces  $\alpha$ , 1-4 y  $\alpha$ , 1-6 O-glucosídicos de la amilosa y la amilopectina separando unidades de glucosa a partir del extremo no reductor de la cadena (Ingrid Mera y Jorge Carrera Cataño, 2005)

La comparación de porcentaje en volumen de  $C_2H_5OH$  obtenido, se realiza en base a una escala experimental obtenida a partir de la combustión de  $10\text{ cm}^3$  de disolución etanol-agua a diferentes concentraciones.

## Metodología

### Equipamiento

#### Materiales

- Pipetas
- Patatas
- Residuos de madera
- Pelador de patatas
- Guantes de látex
- Balanza de peso

- Levadura seca activa
- Vaso de precipitado
- Mortero y pilón de porcelana
- Soporte universal de hierro
- Agitador magnético con calefacción
- Aro metálico
- Embudo
- Frascos reactivos
- Mechero
- Máscara
- Gafas de seguridad

### **Reactivos**

- Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ )
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Hidróxido de potasio (KOH)

### **Evaluación de riesgos**

El procedimiento experimental utilizado requería ciertas consideraciones de seguridad por la integridad del investigador que realiza el experimento, de los compañeros que compartían el laboratorio en el momento de la realización del experimento y del propio laboratorio.

**Inflamabilidad:** El etanol es un líquido inflamable por lo que es imprescindible la supervisión cercana de los profesores y retirar otros posibles materiales combustibles que no intervengan en el experimento a realizar. La mezcla etanol-agua obtenida no contiene un porcentaje alto de etanol, pero el método utilizado para realizar el análisis y la comparación de datos requiere la combustión de disoluciones de etanol-agua a diferentes porcentajes, entre un rango de 0%- 100% de porcentaje de etanol. También es necesario, como indica las pautas de seguridad del Laboratory Safety Insititute, tener un extintor a mano.

Por otro lado, aunque en sí los reactivos utilizados (KOH, NaOH y  $H_2SO_4$ ) no son inflamables, en contacto con el agua reaccionan exotérmicamente, pudiendo generar suficiente calor como para provocar la ignición de materiales combustibles cercanos.

**Toxicidad:** El etanol puede provocar lesiones de consideración por

- Inhalación: Es necesario trabajar en una campana extractora de humos, con una correcta ventilación y el uso de mascarillas.
- Contacto con la piel: Es necesario el uso de guantes, de bata de laboratorio y de pantalones largos en todo momento. También es importante lavarse las manos con abundante agua y jabón antes y después de la manipulación de los químicos.
- Contacto con los ojos: Es necesario el uso de gafas de laboratorio.

**Corrosividad:** Los reactivos utilizados (KOH, NaOH,  $H_2SO_4$ ) también pueden provocar efectos nocivos en la salud tanto a corto como a largo plazo debido a su corrosividad por

- Inhalación

- Contacto con la piel
- Contacto con los ojos

Por otra parte, con respecto al tratamiento y eliminación de residuos químicos en el trabajo de laboratorio que concierne de manera especial a los pasos en los que intervinieron los reactivos, se intentó desde el principio evitar la formación de residuos, utilizando los excedentes para la recogida de un mayor número de datos.

## **Procedimiento experimental**

Para la obtención de etanol a partir de almidón de patata:

1. Lavar y pelar las patatas con un pelador de patatas.
2. Rallar la patata tan fina como sea posible con la ayuda de un rallador de patatas.
3. Diluir las patatas ralladas con agua en una proporción de 500 gr por cada 1000 ml y dejar reposar durante media hora.
4. Separar los trozos rallados de patatas con la ayuda de un colador y vaciar el líquido restante en un vaso de precipitado.
5. Dejar reposar el líquido obtenido en el vaso de precipitado durante dos horas y posteriormente separar el líquido del almidón sólido obtenido.
6. Trasladamos el almidón obtenido a un mortero y lo dejamos secar a temperatura ambiente durante dos días.
7. Con el total de almidón obtenido preparamos tres disoluciones de almidón en agua del 2% en relación con la masa de almidón.
8. Añadimos la glucoamilasa y el catalizador correspondiente en una concentración del 25% (NaOH, KOH o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
9. Una vez finalizada la hidrólisis añadimos levadura seca activa para realizar la fermentación alcohólica y lo dejamos fermentar durante dos semanas.
10. Una vez finalizada la fermentación, filtramos la mezcla para eliminar otros restos insolubles y quemamos la disolución etanol-agua restante.

Para la obtención de etanol a partir de celulosa de residuos de madera:

1. Hidrólisis enzimática de los residuos de madera con glucoamilasa, añadiendo el catalizador correspondiente en una concentración del 25% (NaOH, KOH o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

2. Una vez finalizada la hidrólisis, filtramos la mezcla para la separación de sólidos del sustrato a fermentar.
3. Añadimos levadura seca activa para realizar la fermentación alcohólica y dejamos fermentar durante dos semanas.
4. Una vez finalizada la fermentación, filtramos la mezcla para eliminar otros restos insolubles y quemamos la disolución etanol-agua restante.

## Toma de datos

### Observaciones cualitativas

- Se observa un porcentaje de eficiencia bajo ( $\leq 10\%$ ) en la obtención de almidón a partir de patata y una relación directamente proporcional con el tiempo que se deja reposar. Observamos también pérdidas de almidón que queda impregnado en los materiales utilizados durante el tratamiento de patatas y en los trozos rallados que son desechados, que experimentalmente comprobé que podían ser reutilizados para la obtención de almidón, aunque con una eficiencia aún menor que la inicial.
- Se observa una clara cualidad de insolubilidad en agua por parte del almidón.
- Se observa una llama de color rojizo-anaranjado lo que indica que la combustión es incompleta.

### Datos cuantitativos

#### *Datos patrón*

La toma de datos se realizó a partir de unos datos patrón registrados en la tabla (1) y representados gráficamente en la gráfica (1), que muestran la relación entre los porcentajes de etanol en una disolución etanol-agua de 10 ml y la masa restante tras la combustión de dichas disoluciones.

Experimentalmente, me percaté de que el procedimiento experimental que había establecido inicialmente requería de una destilación compleja que no podía llevar a cabo en el laboratorio debido a la dificultad que presentaba separar el etanol del agua de forma completa debido a la proximidad de sus puntos de ebullición ( $78,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  del etanol y  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  del agua), por lo que decidí establecer otra forma de estimar cuantitativamente la cantidad de etanol obtenido.

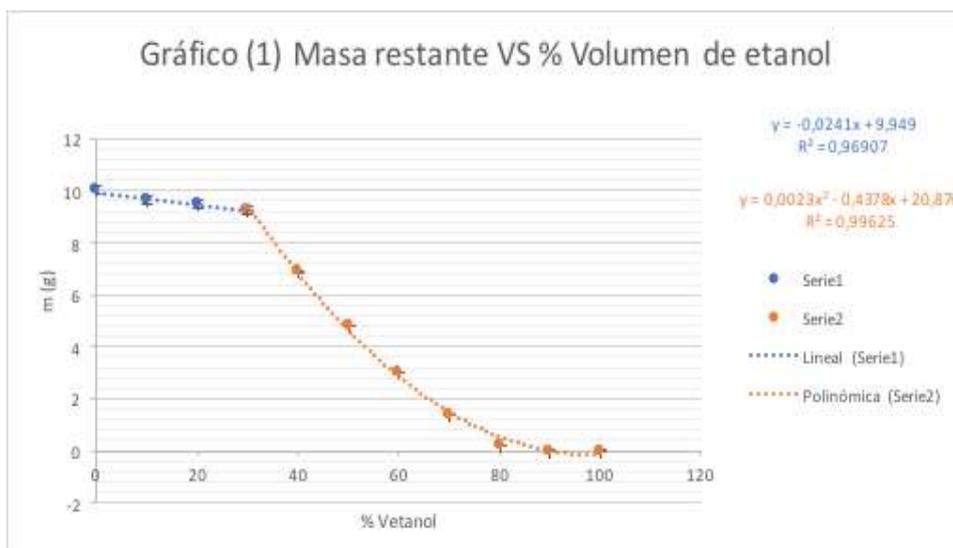
Sabiendo que el etanol es un combustible fácilmente inflamable y que el agua es un líquido no inflamable, podemos afirmar que en una di-

solución de agua y etanol si le agregamos una fuente de calor, como por ejemplo el fuego, arderá únicamente el etanol que se evaporará, desprendiendo y generando el calor necesario para que más moléculas de etanol reaccionen con el oxígeno del aire, y una vez que ya no quede etanol en la mezcla el fuego se extinguirá. Asumimos que existe un margen de error debido a que en las disoluciones con proporciones bajas de etanol el agua absorbe gran parte del calor desprendido por el fuego, poniendo fin a la reacción de combustión y que, en las disoluciones con proporciones altas de etanol, la cantidad de agua no es suficiente para bajar la temperatura del fuego por lo que se evapora como vapor de agua, pero no extinguirá el fuego.

Así realicé la combustión de diferentes mezclas con diferentes proporciones de etanol puro, comprendidas en un rango de 0 a 100%, (variable independiente) y medí la diferencia de masa de la mezcla tras la combustión (variable dependiente) controlando la variable volumen mediante la combustión de mezclas de 10 ml. Todos los datos recogidos y graficados configuran un patrón a partir del cual poder determinar el porcentaje de etanol obtenido a partir de la masa restante tras la combustión de 10 ml de la disolución obtenida tras la fermentación.

*Tabla 1: Valores de masas restantes asociados a porcentajes de volumen de etanol*

<b>Porcentaje de volumen de etanol % Vetanol</b>	<b>Masa restante m (g) <math>\Delta m = \pm 0,01</math> (g)</b>
0	10,00
10	9,63
20	9,47
30	9,25
40	6,87
50	4,83
60	3,03
70	1,38
80	0,19
90	0,00
100	0,00



En el gráfico 1 se ha decidido separar los datos para obtener dos líneas de tendencia ya que, los datos por debajo de 40%, que eran los porcentajes que hipotéticamente esperábamos obtener, parecían seguir un ajuste lineal distinto del ajuste polinomial del resto de datos. Así, a partir de las ecuaciones de las rectas podemos calcular la concentración de volumen de etanol a partir de la masa restante después de su respectiva combustión.

$$y = -0,0241x + 9,949$$

$$x = \frac{y - 9,949}{-0,0241}$$

para concentraciones de 0-30%

$$y = 0,0023x^2 - 0,4378x + 20,876 \quad \text{para concentraciones de 40-100\%}$$

### Datos base

A partir de los datos patrón y en concreto de la gráfica (1) obtenemos los respectivos porcentajes de volumen de etanol en función de la masa restante tras la combustión obtenida en los dos procesos y debido a la acción de los tres diferentes catalizadores recogidos en la tabla (2) y en la tabla (3)

Tabla 2: Obtención de etanol a partir de patatas, valores de masas restantes medias asociadas a porcentaje de volumen de etanol.

	Masa restante (g) $\pm 0,01$ (g)	Masa restante media m (g) $\Delta m = \pm 0,01$ (g)	Porcentaje de volumen de etanol $\% V_{\text{etanol}}$
KOH	9,53	9,53	17,22
	9,54		
	9,53		
	9,55		
	9,52		
NaOH	9,62	9,62	13,76
	9,66		
	9,58		
	9,61		
	10,77		
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	9,62	9,63	13,32
	9,61		
	9,65		
	9,62		
	9,64		

Tabla 3: Obtención de etanol a partir de residuos de madera, valores de masas restantes medias asociadas a porcentaje de volumen de etanol.

	Masa restante (g) $\pm 0,01$ (g)	Masa restante media m (g) $\Delta m = \pm 0,01$ (g)	Porcentaje de volumen de etanol $\% V_{\text{etanol}}$
KOH	9,49	9,50	18,71
	9,51		
	9,50		
	9,48		

	Masa restante (g) $\pm 0,01$ (g)	Masa restante media m (g) $\Delta m = \pm 0,01$ (g)	Porcentaje de volumen de etanol % $V_{\text{etanol}}$
	9,51		
NaOH	9,60	9,61	14,07
	9,63		
	9,59		
	9,62		
	9,64		
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	9,66	9,64	12,99
	9,63		
	9,63		
	9,64		
	9,62		

### Análisis de datos

Tabla 4: Valores de masas restantes medias asociadas a porcentaje de volumen de etanol, a partir de patata y de residuos de madera.

Patatas	Masa restante media m (g) $= \pm 0,01$ (g)	Porcentaje de volumen de etanol % $V_{\text{etanol}}$
KOH	9,53	17,22
NaOH	9,62	13,76
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	9,63	13,32
Residuos de madera	Masa restante media m (g) $= \pm 0,01$ (g)	Porcentaje de volumen de etanol % $V_{\text{etanol}}$
KOH	9,50	18,71
NaOH	9,61	14,07
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	9,64	12,99

### Cálculo del error cometido

$$\Delta V_{\text{etanol}} = \left( \frac{\Delta m}{m} \right) \cdot V_{\text{etanol}}$$

**A partir de patatas:**

- KOH:  $\Delta V_{etanol} = \left(\frac{0,01}{9,53}\right) \cdot 17,22 = \pm 0,02$   
 $Error\ relativo = \frac{\Delta V_{etanol}}{V_{etanol}} \cdot 100 = \frac{0,02}{17,22} \cdot 100 = 0,12\%$
- NaOH:  $\Delta V_{etanol} = \left(\frac{0,01}{9,62}\right) \cdot 13,76 = \pm 0,01$   
 $Error\ relativo = \frac{\Delta V_{etanol}}{V_{etanol}} \cdot 100 = \frac{0,01}{13,76} \cdot 100 = 0,07\%$
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:  $\Delta V_{etanol} = \left(\frac{0,01}{9,63}\right) \cdot 13,32 = \pm 0,01$   
 $Error\ relativo = \frac{\Delta V_{etanol}}{V_{etanol}} \cdot 100 = \frac{0,01}{13,32} \cdot 100 = 0,08\%$

**A partir de residuos de madera:**

- KOH:  $\Delta V_{etanol} = \left(\frac{0,01}{9,50}\right) \cdot 18,71 = \pm 0,02$   
 $Error\ relativo = \frac{\Delta V_{etanol}}{V_{etanol}} \cdot 100 = \frac{0,02}{18,71} \cdot 100 = 0,11\%$
- NaOH:  $\Delta V_{etanol} = \left(\frac{0,01}{9,61}\right) \cdot 14,07 = \pm 0,01$   
 $Error\ relativo = \frac{\Delta V_{etanol}}{V_{etanol}} \cdot 100 = \frac{0,01}{14,07} \cdot 100 = 0,07\%$
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:  $\Delta V_{etanol} = \left(\frac{0,01}{9,64}\right) \cdot 12,99 = \pm 0,01$   
 $Error\ relativo = \frac{\Delta V_{etanol}}{V_{etanol}} \cdot 100 = \frac{0,01}{12,99} \cdot 100 = 0,08\%$

**Prueba T-Student**

Para estudiar si estadísticamente existen diferencias significativas en los valores medios obtenidos se ha realizado una prueba T-Student, comparando los datos recogidos en función del catalizador utilizado en los dos procesos.

La prueba T-student es un análisis estadístico que nos permite comparar medias en tamaños de muestra generalmente pequeños (N<100), asumiendo muestras con varianza independiente y distribución normal.

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{x_1, x_2} \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

donde

$\bar{X}_1$  y  $\bar{X}_2$  son los valores medios a comparar.

$S_{x_1, x_2}$  es un estimador de la desviación estándar común de ambas muestras.

$n_1$  y  $n_2$  son el número de variables de cada muestra.

Por otra parte, los grados de libertad vendrán definidos por la ecuación  $n_1+n_2+2$ , la significancia será  $\alpha=0,05$ , la varianza será igual a 3 y se tratará como una prueba unilateral o de una cola.

**Tabla 5: Prueba T-student.**

KOH	0,0009
NaOH	0,1860
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,2235

A continuación, comparamos los valores T-student obtenidos con sus valores críticos respectivos cogidos de la Tabla 6 (ver Anexo 1) concluyendo...

**KOH** ( $t_{0,95}$ ;  $n=8$ ):  $0,0009 < 1,8595$

**NaOH** ( $t_{0,95}$ ;  $n=7$ ):  $0,1860 < 1,8946$

**H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**( $t_{0,95}$ ;  $n=8$ ):  $0,2235 < 1,8595$

## Conclusión

El estudio comparativo de bases y ácidos fuertes como catalizadores en el proceso de obtención de etanol a partir de patata y de residuos de madera realizado revela una mayor obtención de etanol a partir de los residuos de madera como materia prima y del uso de las bases fuertes (KOH y NaOH) en ambos procesos.

Así, comparando la acción de cada catalizador en los dos procesos observamos un mayor porcentaje de etanol obtenido debido a la acción del KOH en la hidrólisis de la celulosa que en la del almidón  $18,71 > 17,22$ , al igual que ocurre en el caso del NaOH  $14,07 > 13,76$  mientras que por el lado contrario se observa una mayor obtención de etanol a partir de la hidrólisis del almidón que de la celulosa en el caso del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  $12,99 < 13,32$ . Los errores relativos calculados revelan que los datos experimentales son precisos, pero conscientes de los errores que hemos asumido en el método de recoger y registrar cuantitativamente la cantidad de etanol obtenido debemos de dar un paso más en el análisis de datos para que la conclusión a la que lleguemos esté respaldada, que es la base del método científico. En la presente investigación, utilizamos una prueba utilizada en análisis discriminante, la prueba T-student. La comparación de los datos críticos y los datos T-student obtenidos evidencia que no existe una diferencia estadísticamente significativa, es decir, que los resultados pueden ser fruto de la casualidad.

Otra conclusión a la que llegamos es que, extrapolando la comparación al efecto de los distintos catalizadores sobre un mismo proceso de obtención de etanol, observamos que en ambos procesos el KOH da como resultado un mayor porcentaje de etanol que el NaOH y éste un resultado mayor que el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

## **Evaluación**

El análisis de los datos revela que, aunque precisos no existen diferencias estadísticamente significativas que los respalden, es decir, que aunque se ha cometido un error aleatorio muy pequeño (entorno al 0,10%) hay un gran error sistemático en la investigación realizada.

En primer lugar, debo señalar que la decisión de realizar una hidrólisis enzimática en vez de una hidrólisis ácida se debió a que ambientalmente el uso de enzimas es mucho más seguro y sostenible que el uso de ácidos, y que presentaba un mayor rendimiento en la hidrólisis del almidón. Sin embargo, al poseer la celulosa enlaces  $\beta$ , 1-4 *O*-glucosídico que resultan mucho más difíciles de romper que los enlaces  $\alpha$ , 1-4 *O*-glucosídico la hidrólisis ácida presenta, en este caso, mayores ventajas en cuanto a eficiencia ya que no se necesita de procesos de pretratamiento sofisticados de la celulosa.

La hidrólisis enzimática, además afecta en mayor medida al almidón gelatinizado en vez de al almidón en polvo, por lo que sería una gran mejora la incorporación de un proceso de gelatinización en el proceso de obtención de etanol a partir de almidón.

En segundo lugar, el método que finalmente se utilizó para medir cuantitativamente el porcentaje de etanol obtenido asumía ciertos errores que afectaban en mayor medida a los datos obtenidos de la combustión de disoluciones con bajas (0-20%) y altas proporciones de etanol (80-100%), encontrándose los datos obtenidos en uno de estos rangos. Investigando, me di cuenta, de que otros estudios habían utilizado un método similar en el que realizaban una curva de calibración de las densidades de diferentes disoluciones etanol-agua en función de los porcentajes de etanol correspondientes por densimetría, un método que en nuestro laboratorio no hubiésemos podido realizar por falta de material tan específico pero que nos sugiere que la idea no está tan alejada de ser un método factible.

En tercer lugar, la obtención de un porcentaje de etanol por debajo del 20% nos sugiere que sería más pertinente realizar los datos patrón a partir de porcentajes por debajo del 40% pues son los valores que com-

parten ajuste lineal con los porcentajes obtenidos experimentalmente. La toma de medidas más cercanas al valor real obtenido, aumentaría la exactitud de la gráfica patrón disminuyendo así el error sistemático que se asumía.

Consciente de los fallos y aciertos de la investigación realizada, así como de la trascendencia que puede llegar a tener, me surgen diferentes ideas de posibles investigaciones paralelas para la ampliación de la presente realizada.

- Estudio económico del impacto del uso de diferentes materias primas en la producción de etanol.
- Estudio químico de diferentes enzimas en dos procesos diferentes de obtención del etanol.
- Estudio químico de diferentes ácidos en dos procesos diferentes de obtención del etanol.

## Bibliografía

### Fuentes citadas

- García Garrido, S. (2009-2012) *Centrales termoeléctricas de biomasa*. [En línea] Plantasdebiomasa.net Recuperado de <http://www.plantasdebiomasa.net/indice-libro-biomasa-renovetec.pdf> [Consultado el día 11 de enero de 2017]
- Gómez, M.A. (2013) *¿Qué es el almidón?* [En línea] El rincón de la ciencia Recuperado de <http://rincondelaciencia.educa.madrid.org/Curiosid/Rc-58.html> [Consultado el día 11 de enero de 2017]
- Peña, A, Molina, D, y Torres, R (2009) *HIDRÓLISIS DE ALMIDÓN DE YUCA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE PREPARACIONES SOLUBLES E INSOLUBILIZADAS DE ALFA-AMILASA (Aspergillus niger)* [En línea] Universidad Industrial de Santander. Recuperado de <http://blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/eventos/siquia20130415/siquia2009pos4.pdf> [Consultado el día 11 de enero de 2017]
- Openstax College (n.d.) *Carbohydrates (Carbohidratos)* [En línea] KhanAcademy. Recuperado de <https://es.khanacademy.org/science/biology/macromolecules/carbohydrates-and-sugars/a/carbohydrates> [Consultado el día 11 de enero de 2017]
- Mera, I, Carrera Cataño, J (2005) *Obtención de glucosa a partir del almidón de yuca manihot sculenta*. [En línea] Recuperado de

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6117970.pdf> [Consultado el día 11 de enero de 2017]

- Figura 1. Estructura espacial y de Fisher (derecha) y estructura cíclica (izquierda) de la glucosa. Elaboración propia a partir de otras fuentes. Tomado de: galeon.com (n.d.) *Estructura de los azúcares*. Recuperado de <http://www.maph49.galeon.com/biomol2/sugrvshc.gif> [Consultado el día 11 de enero de 2017] // Cedrón J, Landa V, Robles J (n.d.) Re: Unidad 7: Introducción a la química orgánica y biológica. [Mensaje en un blog] Recuperado de <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/sites/corinto.pucp.edu.pe.-quimicageneral/files/images/unidad7/glucosas.jpg> [Consultado el día 11 de enero de 2017]
- Figura 2: Eldelcarro (12 de octubre de 2005) *Enlace glucosídico*. Recuperado de [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e8/Enlace\\_glucos%C3%ADdico.png/600px-Enlace\\_glucos%C3%ADdico.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e8/Enlace_glucos%C3%ADdico.png/600px-Enlace_glucos%C3%ADdico.png) [Consultado el día 11 de enero de 2017]
- Figura 3: [lito@unne.edu.ar](mailto:lito@unne.edu.ar) (n.d.) *Azúcares* [En línea] Recuperado de <http://www.efn.uncor.edu/departamentos/biologia/intrbiol/macromoleculas/azucar.htm> [Consultado el día 11 de enero de 2017] // Lidiaconlaquímica.com (27 de junio de 2015) Re: Los polisacáridos [Mensaje en un blog] Recuperado de <https://lidiaconlaquimica.files.wordpress.com/2015/06/amilosa-helicoidal.jpg> [Consultado el día 11 de enero de 2017]
- Figura 4: Facultad de Ciencias Médicas (2005) Re: Polisacáridos. [Mensaje en un blog] Recuperado de <http://medicina.usac.edu.gt/quimica/biomol2/carbohidratos/amilopectina.gif> [Consultado el día 11 de enero de 2017]
- Figura 5: (n.d.) Re: Celulosa y Quitina. [Mensaje en un blog] Recuperado de <https://biologiamariuxia.wikispaces.com/file/view/celulosa.gif/536271076/celulosa.gif> [Consultado el día 11 de enero de 2017]

### Fuentes consultadas

- Gómez, R. (2014) *Cómo hacer tu propio combustible en casa*. [En línea] Recuperado de <https://robertolicambientales.wordpress.com/2014/07/29/como-hacer-tu-propio-combustible-en-casa-parte-ii/> [Consultado el día 11 de enero de 2017]
- Hayes, D. (2009) *An examination of biorefining processes, catalysts and challenges*. [En línea] ScienceDirect. Recuperado de <https://>

[www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920586108001612](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920586108001612)

[Consultado el día 11 de enero de 2017]

- Villada Pinilla, W.A. (2010) *Determinación experimental de las condiciones de operación para el proceso de hidrólisis enzimática de almidón de yuca nativa de la región amazónica en la ciudad de Leticia*. [En línea] Universidad Nacional de Colombia- Facultad de Ingeniería Química. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/3882/1/293752.2010.pdf> [Consultado el día 11 de enero de 2017]
- Vázquez-Contreras, E. (2003) *Hidrólisis de los polisacáridos*. [En línea] Recuperado de <http://laguna.fmedic.unam.mx/~evazquez/0403/hidrolisis%20polisacaridos.html> [Consultado el día 11 de enero de 2017]
- Varela Rodríguez, L. (2010) *Amilasas*. [En línea] Recuperado de <https://www.academia.edu/10816864/Bioquimica-1?auto=download> [Consultado el día 11 de enero de 2017]
- Agrowaste (2013) *Fermentación alcohólica-bioetanol*. [En línea] Recuperado <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/FERMENTACION-ALCOHOLICA.pdf> [Consultado el día 11 de enero de 2017]
- Gracia, C. (n.d.) *4 Bioetanol*. [En línea] Recuperado [http://www.u-b.edu/ecologia/carlos.gracia/PublicacionesPDF/Cap%C3%ADtulo%204\\_Bioetanol.pdf](http://www.u-b.edu/ecologia/carlos.gracia/PublicacionesPDF/Cap%C3%ADtulo%204_Bioetanol.pdf) [Consultado el día 11 de enero de 2017]
- Tajeda, L, Quintana, J, Pérez, J, Young, H (2011) *Obtención de etanol a partir de residuos de poda, mediante hidrólisis ácida e hidrólisis enzimática*. [En línea] Recuperado <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v14n1/v14n1a14.pdf> [Consultado el día 11 de enero de 2017]
- Abril, A, Navarro, E (2012) *Etanol a partir de biomasa lignocelulósica*. [En línea] Recuperado [https://www.researchgate.net/profile/Enrique\\_Navarro/publication/241216642\\_Etanol\\_a\\_partir\\_de\\_biomasa\\_lignocelulosica/links/0c96051c8409028b93000000/Etanol-a-partir-de-biomasa-lignocelulosica.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Enrique_Navarro/publication/241216642_Etanol_a_partir_de_biomasa_lignocelulosica/links/0c96051c8409028b93000000/Etanol-a-partir-de-biomasa-lignocelulosica.pdf) [Consultado el día 11 de enero de 2017]

## Anexo

**Tabla 6: Tabla de valores críticos para distribuciones T-student.**

$n$	$t_{0,55}$	$t_{0,60}$	$t_{0,70}$	$t_{0,80}$	$t_{0,90}$	$t_{0,95}$	$t_{0,975}$	$t_{0,99}$	$t_{0,995}$
1	0,1584	0,3249	0,7265	1,3764	3,0777	6,3138	12,7062	31,8205	63,6567
2	0,1421	0,2887	0,6172	1,0607	1,8856	2,9200	4,3027	6,9646	9,9248
3	0,1366	0,2767	0,5844	0,9785	1,6377	2,3534	3,1824	4,5407	5,8409
4	0,1338	0,2707	0,5686	0,9410	1,5332	2,1318	2,7764	3,7469	4,6041
5	0,1322	0,2672	0,5594	0,9195	1,4759	2,0150	2,5706	3,3649	4,0321
6	0,1311	0,2648	0,5534	0,9057	1,4398	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074
7	0,1303	0,2632	0,5491	0,8960	1,4149	1,8946	2,3646	2,9980	3,4995
8	0,1297	0,2619	0,5459	0,8889	1,3968	1,8595	2,3060	2,8965	3,3554
9	0,1293	0,2610	0,5435	0,8834	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498
10	0,1289	0,2602	0,5415	0,8791	1,3722	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693
11	0,1286	0,2596	0,5399	0,8755	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058
12	0,1283	0,2590	0,5386	0,8726	1,3562	1,7823	2,1788	2,6810	3,0545
13	0,1281	0,2586	0,5375	0,8702	1,3502	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123
14	0,1280	0,2582	0,5366	0,8681	1,3450	1,7613	2,1448	2,6245	2,9768
15	0,1278	0,2579	0,5357	0,8662	1,3406	1,7531	2,1314	2,6025	2,9467
16	0,1277	0,2576	0,5350	0,8647	1,3368	1,7459	2,1199	2,5835	2,9208
17	0,1276	0,2573	0,5344	0,8633	1,3334	1,7396	2,1098	2,5669	2,8982
18	0,1274	0,2571	0,5338	0,8620	1,3304	1,7341	2,1009	2,5524	2,8784
19	0,1274	0,2569	0,5333	0,8610	1,3277	1,7291	2,0930	2,5395	2,8609
20	0,1273	0,2567	0,5329	0,8600	1,3253	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453
21	0,1272	0,2566	0,5325	0,8591	1,3232	1,7207	2,0796	2,5176	2,8314
22	0,1271	0,2564	0,5321	0,8583	1,3212	1,7171	2,0739	2,5083	2,8188
23	0,1271	0,2563	0,5317	0,8575	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073
24	0,1270	0,2562	0,5314	0,8569	1,3178	1,7109	2,0639	2,4922	2,7969
25	0,1269	0,2561	0,5312	0,8562	1,3163	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874
26	0,1269	0,2560	0,5309	0,8557	1,3150	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787
27	0,1268	0,2559	0,5306	0,8551	1,3137	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707
28	0,1268	0,2558	0,5304	0,8546	1,3125	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633
29	0,1268	0,2557	0,5302	0,8542	1,3114	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564
30	0,1267	0,2556	0,5300	0,8538	1,3104	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500
40	0,1265	0,2550	0,5286	0,8507	1,3031	1,6839	2,0211	2,4233	2,7045
50	0,1263	0,2547	0,5278	0,8489	1,2987	1,6759	2,0086	2,4033	2,6778
60	0,1262	0,2545	0,5272	0,8477	1,2958	1,6706	2,0003	2,3901	2,6603
80	0,1261	0,2542	0,5265	0,8461	1,2922	1,6641	1,9901	2,3739	2,6387
100	0,1260	0,2540	0,5261	0,8452	1,2901	1,6602	1,9840	2,3642	2,6259
120	0,1259	0,2539	0,5258	0,8446	1,2886	1,6577	1,9799	2,3578	2,6174
$\infty$	0,126	0,253	0,524	0,842	1,282	1,645	1,960	2,327	2,576

*Actividad antimicrobiana de alimentos (ajo, miel,  
jengibre, arándanos y eucalipto) aplicados a  
poblaciones de levaduras de Saccharomyces  
boulardii*

*Alonso Merino Ruiz*



***Implicaciones***

Sin duda, esta investigación ha sido uno de los retos más complicados a los que me he enfrentado en mi paso por el Bachillerato Internacional. El esfuerzo, las horas trabajadas e investigadas no han sido en vano. Sin embargo, todo ello no habría sido posible sin la ayuda de ciertas personas que han estado involucradas directa e indirectamente en dicho proyecto.

En primer lugar, agradecer a mi supervisora Aurora Aparicio Manrique todo el respaldo dado a lo largo de la elaboración. Esta investigación tenía sus riesgos, y en todo momento estuve respaldado por su apoyo y esfuerzo. En segundo lugar, agradecerle a mi madre, Almudena Ruiz Valeros, el apoyo dado durante todo el proceso, dándome apoyo emocional y moral de manera constante. A mi profesor de biología, David Rosa Novalbos, por darme ideas al principio de todo cuando las mías eran un prototipo flojo.

A pesar de haber tenido fallos en la elaboración, en la experimentación y a veces miedo a que no saliera, todo el trabajo realizado no ha sido en vano. He aprendido de muchos errores, y a la vez he entendido que el campo de trabajo en el laboratorio no siempre sale como uno espera. Así pues, esta investi-

gación es un paso más hacia mi realización como estudiante y sobre todo, me servirá para futuras investigaciones.

## Introducción

A lo largo de los siglos, la medicina ha sido una de las herramientas más importantes para la salud del ser humano. Actualmente lo sigue siendo, gracias a los avances científicos y tecnológicos. Sin embargo, en épocas pasadas, las enfermedades más comunes como un catarro, un resfriado o dolores abdominales desembocaban en la mayoría de casos en muertes. La medicina natural jugaba un papel importante en el tratamiento de las enfermedades.

En muchos casos esos males se podían curar simplemente con plantas, o con un tipo de alimentos en concreto, y es en este uso donde se halla el inicio de la medicina moderna. A lo largo de muchos años se ha oído a hablar a abuelos y padres sobre los remedios caseros para curar dolores de tripa, dolores de garganta, eliminación de algunas bacterias cutáneas... De hecho, muchos de esos remedios siguen siendo prácticas habituales en algunos lugares. Alimentos como el ajo, el jengibre, los arándanos agrios, la col o el eucalipto siguen utilizándose como bactericidas para la curación de males como los cólicos e infecciones. Estos alimentos tienen compuestos químicos que permiten la eliminación de microorganismos por lo que actúan como antibióticos (utilizando el término de forma general y no solo para bacterias como se usa en medicina).

Los objetivos de esta investigación son comprobar la eficacia de 5 alimentos como antibióticos en poblaciones de levaduras procedentes de cápsulas. Se comprobará la capacidad de algunos de estos alimentos como inhibidores del crecimiento.

A raíz de este planteamiento surgió el fondo de la investigación en forma de la siguiente pregunta central: ¿Tienen los alimentos como el ajo, jengibre, arándanos, miel y eucalipto acción biostática sobre poblaciones de levadura de *Saccharomyces boulardii*? En esta investigación se hará un estudio sobre la capacidad de estos alimentos para funcionar como antibióticos o compuestos “biostáticos” de poblaciones de levaduras *Saccharomyces boulardii*.

El estudio bibliográfico realizado permitió enunciar las hipótesis de partida, tal como veremos a continuación.

Para obtener los datos de la investigación se procedió a sembrar una disolución con las levaduras mediante la técnica de césped. Se realizó sobre placas de Petri que contenían un medio de cultivo sólido. El cultivo

en cada placa se realizó junto con discos empapados en machacados de cada uno de los cinco alimentos estudiados.

## **Fundamento teórico o Alimentos y sus características curativas**

Las infecciones surgen por la aparición de microorganismos en el cuerpo, que pueden crecer y desarrollarse, dañando los tejidos corporales. Dentro de todos los gérmenes existe una gran variedad como los virus, bacterias y hongos. Desde siglos atrás, casi sin ningún estudio, se encontraban remedios naturales para combatir y paliar dichas infecciones, sobre todo en la medicina natural (alimentos y plantas). Actualmente se están desarrollando investigaciones acerca de las capacidades de los alimentos, tanto en la industria alimenticia (creando a partir de los propios alimentos sustancias para prevenir las enfermedades de frutales de manera natural) como en la medicina (para paliar ciertas enfermedades). Los alimentos más paliativos son de origen vegetal. Las plantas medicinales, contienen sustancias que producen en muchos casos acciones farmacológicas similares a las de cualquier medicamento sintético. Esto tiene grandes ventajas, como prevenir la tendencia a enfermar y reduce por completo los efectos secundarios de los fármacos usuales.

Todo ello es posible gracias a sus compuestos principales, que no se encuentran en alimentos de origen animal: los antioxidantes, proporcionando los minerales y vitaminas, y los elementos “fitoquímicos”. Y es precisamente a raíz de estos compuestos lo que ha llevado a muchos científicos y expertos a cuestionarse sus funciones en el organismo humano. Por ello se empiezan a hacer investigaciones y experimentaciones acerca de la capacidad de ciertos alimentos ricos en esos compuestos para eliminar bacterias y hongos.

Otra de las maneras en las que se pueden dividir los alimentos es en acidificantes y alcalinizantes. Dependiendo de la procedencia, de cómo hayan sido cocinados, y de sus propiedades básicas, puede causarnos, después de ingerirlos, la aparición o la desaparición de algunos organismos como bacilos o bacterias. Por ello la alimentación es uno de los factores más importantes para combatir infecciones comunes. Dentro de las recomendaciones de alimentos que aportan alcalinidad al organismo encontramos al ajo y al jengibre.<sup>107</sup>

---

107 Valero, M. Alimentos alcalinos, cómo no tener un cuerpo ácido. 2012. Documento (en línea), disponible en: <http://www.efesalud.com/como-conseguir-un-cuerpo-alcalino/>

## Características que hacen de algunos alimentos antibióticos naturales

A lo largo de muchos años los antibióticos se han ido desarrollando a partir de la extracción de compuestos naturales encontrados en algunos alimentos<sup>108</sup>. Estudios realizados han demostrado que los alimentos más combativos contra microorganismos son por ejemplo el apio, la cebolla, el ajo, la menta, el jengibre, los arándanos, la col, las fresas, el eucalipto... Y dentro de todos estos, los más efectivos para la inhibición y eliminación de microorganismos, el ajo, el jengibre, la col, los arándanos y el eucalipto (objetivo de estudio). Es muy importante saber qué principios activos confieren a estos alimentos la efectividad a la hora de eliminar microorganismos e inhibir su crecimiento.

### Ajo

Es uno de los alimentos más estudiados por su capacidad curativa. Sus acciones son muy variadas, entre las que están por ejemplo: antimicrobiana, antifúngica, o antioxidante. En este caso, el componente más importante como biocida es la alicina (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>OS<sub>2</sub>), un compuesto orgánico principalmente antibiótico. Dependiendo en la forma en la que esté el ajo (cocinado, fresco) sus capacidades biológicas varían. Esto es así ya que, si el ajo se fríe o se cocina con aceites, están entrando en juego otros aspectos que hacen variar la funcionalidad de la molécula. A este dato lo llamaremos variable controlada, al ser de gran importancia mantener el alimento fresco en todo momento

Aparte de la alicina el ajo tiene muchos más compuestos como aminoácidos, ácidos (el más importante el ascórbico o Vitamina C), niacina, algunos aceites esenciales y compuestos sulfurosos. Todos ellos trabajan de manera eficaz con los microorganismos, eliminando e inhibiendo el crecimiento.

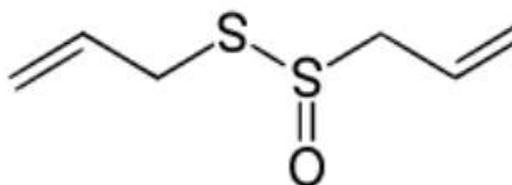


Ilustración 1: Fórmula orgánica (1)

El ajo no es siempre un desinfectante ideal, pues al pertenecer a una familia de condimentos, sus acciones son muy variadas y van desde ocultar el verdadero estado de los alimentos hasta producir molestias gástricas.<sup>109</sup>

108 WALKER M, HOFFER, A. (ed. Obelisco) , *La nutrición ortomolecular* 1998. (P. 7)

109 ROGER PAMPLONA, J. (2009), *Enciclopedia de los alimentos y su poder curativo*, Enciclopedia. (Colmenar Viejo, Madrid) ED. Safeliz, Tomo 1.

## Miel

La miel es uno de los edulcorantes más antiguos que se conocen, y también uno de los que más propiedades curativas se atribuyen. Su procedencia es 100% animal, ya que la elaboran las abejas a partir del néctar de las flores. Muchos facultativos atribuyen sus efectos curativos a las plantas, de las que se alimentan las abejas. A lo largo de los últimos años se ha concluido que la miel es uno de los alimentos que más propiedades desinfectantes tiene.

La miel contiene compuestos mezclados, como la glucosa, fructosa, sacarosa y muchos componentes activos. Entre estos destacan: la glucosa oxidasa, principal responsable de la eliminación de bacterias y ácidos. Estos últimos son los responsables de que la miel tenga un bajo PH. Su función como antibiótico comienza cuando en la cobertura de la miel el oxígeno atmosférico se reduce a peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), lo que provoca una barrera natural.

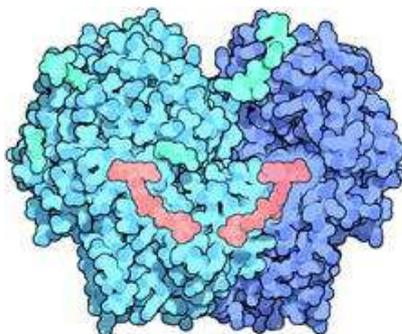


Ilustración 2: Representación  
Glucosa Oxidasa

## Jengibre

El jengibre en raíz es otro de los alimentos más capacitados para la inhibición de microorganismos. Se le conoce por ser el alimento de las tres "A", ya que sus propiedades pasan por: Antibiótico, Antibacteriano y Antiinflamatorio.

Sus acciones medicinales provienen de su principal compuesto, el aceite esencial del jengibre, en el que se encuentran componentes como felandreno, canfeno, zingibereno o la zingerona. Estos compuestos actúan a modo de bactericida natural. Principalmente combate microorganismos infecciosos y hongos. Pero sin duda el más importante es la zingerona, cuyo uso va desde la prevención de diarreas, hasta la propia inhibición de las bacterias.<sup>110</sup>

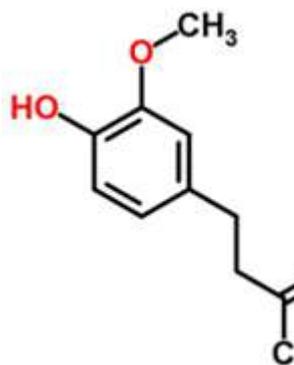


Ilustración 3: Fórmula  
química de la zingerona

110 CHENYU (2008) *Química Agrícola y Alimentaria. El jengibre y sus componentes bioactivos reducen la diarrea en ratones.* (55), documento en línea: <http://ayalogic.com/el-jengibre-reduce-la-inflamacion-es-bioactivo-y-tiene-ciertos-efectos-antibacterianos/>

## Arándanos

Los arándanos son más conocidos por combatir y prevenir la cistitis. Sin embargo, la mayoría de ellos (especialmente los arándanos rojos) son verdaderos antisépticos, evitando la propagación y el crecimiento de algunas bacterias como el caso de *E. coli*.<sup>111</sup> Los principales compuestos activos son las vitaminas A, B y C y las taninos relacionadas con la curación de enfermedades gástricas, especialmente diarreas y cistitis.<sup>112</sup>

La combinación de taninos con los jugos intestinales hace de los arándanos bactericidas, antisépticos y antiflogísticos naturales.<sup>113</sup>

## Eucalipto

El eucalipto (*Eucalyptus globolus*) está considerado como una de las mejores plantas medicinales (y alimento) para combatir enfermedades del aparato respiratorio. Tiene propiedades antimicrobianas y antifúngicas ya que es capaz de eliminar los microorganismos causantes de enfermedades infecciosas respiratorias. También algunos estudios han demostrado que tiene propiedades bacteriostáticas.

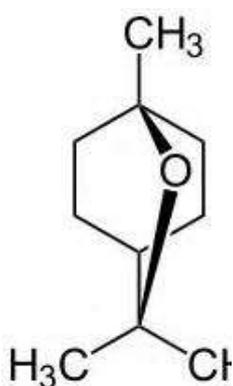


Ilustración 4:  
Cineol

El componente principal que provoca estos efectos es un aceite esencial llamado cineol ( $C_{10}H_{18}O$ ), aunque también el pineno y el limoneno actúan de soporte junto al cineol. Al igual que en los arándanos, existen trazas de taninos tales como el ácido gálico o la quercetina, lo que destaca el efecto bacteriostático del eucalipto.<sup>114</sup> Su uso también se destaca para la farmacología y la medicina, al ser un compuesto muy utilizado

para antibióticos.

A partir del contexto teórico estudiado, se elaboraron las siguientes hipótesis de partida:

- La primera hipótesis indica que todos los alimentos estudiados, jengibre, arándanos, ajo, eucalipto y miel muestran acción antibiótica.

111 NERI, E. (2009) *El jugo de arándano y su papel en las infecciones de las vías urinarias* (Mexico,), documento en línea disponible en:

<http://www.medigraphic.com/pdfs/ginobsmex/gom-2009/gom0911e.pdf>

112 WILLIAMS, S (1995) *Zumos que curan* (España, Barcelona) (ED. Obelisco) (P. 63)

113 WILLIAMS, S (1995) *Zumos que curan* (España, Barcelona) (ED. Obelisco) (P. 92)

114 ALVAREZ, A. (1996) *Propiedades medicinales del Eucalipto* (documento en línea): <http://www.botanical-online.com/medicinalseucalipto.htm>

- La segunda hipótesis indica que existen diferencias entre la acción antibiótica de los distintos alimentos. Esta hipótesis incluye que, cada alimento utilizado actuará de distinta manera, siendo los más efectivos el ajo o el eucalipto frente a los demás.

## Investigación

La investigación se desarrolló a partir de la observación y la medición de los halos de inhibición formados a partir de discos impregnados en los alimentos estudiados, previamente machacados, sobre poblaciones de levaduras *Saccharomyces boulardii* provenientes de cápsulas probióticas de uso comercial. Además de ver la capacidad antibiótica se pudo investigar el estado idóneo de proliferación de levaduras.

Durante las investigaciones bibliográficas, se tuvo que elegir qué alimentos se utilizarían durante la elaboración del experimento. Tras ello, se decidió emplear los 5 alimentos estudiados anteriormente: ajo, jengibre, miel arándanos y eucalipto. Es debido a que dentro de toda la gama de productos y alimentos que existen con propiedades bactericidas/bacteriostáticas estos son los que se aceptan como más eficaces .

Para realizar la experimentación fue necesaria la obtención de los siguientes materiales: 10 placas de agar, pinzas de madera, guantes de látex, mascarilla, mechero bunsen, agua destilada, Erlenmeyer, pipeta (20ml  $\pm$  0,02ml), probióticos *Ultra Levura*, *Zambon S.A.U*, calibre ( $\pm$  0,04-mm), autoclave (incubadora) y morteros.

Durante la estancia en el laboratorio se tuvo mucho cuidado para evitar contaminaciones tanto a nivel personal como ambiental. Algunas medidas que se tomaron fue por ejemplo la utilización de guantes desechables en cada muestra como la utilización de papel de filtro para evitar la contaminación de las mesas utilizadas. En ningún momento se puso en riesgo la salud del experimentador y el medioambiente que le rodeaba.

## Fase de preparación

En el mantenimiento de levaduras en el laboratorio son importantes los medios de cultivo. Estos aportan los constituyentes necesarios para la supervivencia de las levaduras (vitaminas, hidratos de carbono, aminoácidos y otros nutrientes). Suelen cultivarse en placas Petri con el objetivo de controlar las poblaciones en un área determinado, del modo que el científico quiera distribuir dichas levaduras. Por ello en esta investigación se utilizaron placas Petri con medio de cultivo sólido y general, es decir, con nutrientes que permiten el crecimiento de cualquier tipo de bacteria y levadura.

Se tiene que tener muy en cuenta el método de siembra que se utiliza. Mediante un asa de siembra, tratamos de crear un “césped” a través del método de “diseminación en superficie”. También utilizamos una varilla de cristal estéril, con el objetivo de hacer una superficie uniforme.

Los primeros intentos fueron inválidos. Tras realizar varias pruebas cultivando diversos tipos de levaduras se llegó a la conclusión de que los mejores cultivos en césped se obtenían utilizando *Saccharomyces boulardii*, contenida en cápsulas que se comercializan como probióticos.

Como las levaduras estaban en cápsulas, se separó una cápsula destinada a una prueba.

- Se retiró la cápsula con guantes para evitar la contaminación y se introdujo en 100 ml de agua desionizada (destilada) con el fin de evitar que el pH pudiera afectar al crecimiento de las levaduras o que pudiera modificar el medio de cultivo.
- Una vez mezclado durante dos minutos con un asa bacteriológica esterilizada, se procedió a echar 2ml en la placa Petri con el agar y extender la gota de manera uniforme.
- Después, se procedió a meter la placa en el autoclave que actuaría como incubadora durante las horas necesarias. La temperatura ideal para la proliferación de levaduras está en torno a los 25-40 grados centígrados. Con lo cual, se dejó a 40° durante 24h.

Al cabo de 24h se habían formado las poblaciones fúngicas.

A partir de este instante, se hizo una prueba para comprobar el carácter antibiótico de los alimentos. Se cultivaron dos placas. En la primera de ellas, se introdujo a la vez que las levaduras un disco empapado en el jugo de ajo machacado. Y la segunda se dejó simplemente crecer, sin ningún disco. Al cabo de 24h se volvió al laboratorio para comprobar los resultados. En la placa con el disco introducido había aparecido un halo de



Ilustración 5: Placa con halo de inhibición. Prueba positiva



Ilustración 6: Placa sin halos de inhibición. Prueba negativa

inhibición. Y en la que habían proliferado bacterias sin disco, se le introdujo el disco (es decir, ya con bacterias en ella). De nuevo, al cabo de 24h horas se comprobó el resultado de la segunda placa:

Como se puede ver en la imagen 5, aparece un halo de inhibición (marcado con negro) mientras que en la imagen 6 (los antibióticos puestos después del crecimiento fúngico) no hay ningún resultado aparente. Con estos resultados se determinó que la investigación se realizaría poniendo los discos de los alimentos en el mismo momento de la siembra y que la incubación se realizaría con los discos ya puestos en las placas.

### Experimentación

Se utilizaron 10 placas con el objetivo de poder tener 50 medidas. En cada placa se colocaron 5 discos de un único alimento y por cada alimento se sembraron 2 placas, teniendo por tanto 10 datos de cada uno de los alimentos estudiados (ajo, jengibre, arándanos, miel y eucalipto).

Se controló el método con el que se iba a repartir el cultivo a lo largo de las 10 placas para que fuera de igual manera. Para ello se utilizó una pipeta graduada. Se comenzó echando una cantidad de 100 ml de agua destilada en un recipiente de vidrio. Tras ello, se tomó una cápsula de *Saccharomyces boulardii* y se echó para diluir. Una vez diluida, con la pipeta se procedió a medir aproximadamente 2 ml de la disolución se extendió en cada una de las placas con agar.

### Datos

Las levaduras al proliferar presentaban color característico y al olor. Los colores que aparecían eran principalmente color grisáceo mate y el olor era fuerte. Muy parecido a cuando un yogurt ha fermentado (en algunos casos se puede apreciar olor a pan). La forma era también muy parecida al líquido que se forma cuando cae una gota de yogurt sobre la superficie y se seca. Era completamente uniforme.

Simultáneamente, se fue elaborando los distintos machacados de los alimentos. Los arándanos, los ajos y el jengibre, fueron machacados (en distintos morteros) hasta sacar todo el jugo de su interior. En cuanto al eucalipto, fue necesaria la compra de aceite esencial de eucalipto 100% natural. Una vez preparados todos los morteros, se procedió a coger los discos (todos de 0,6cm de diá-

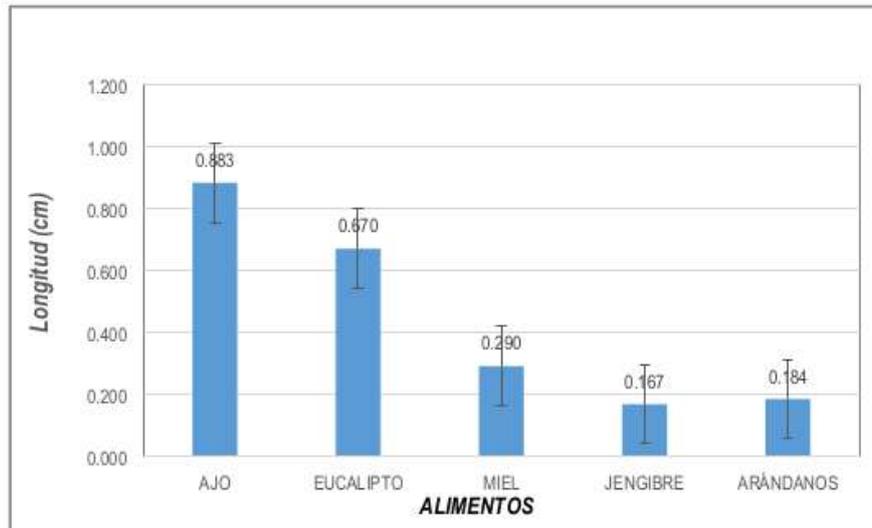


*Ilustración 7:  
Inhibición en  
levaduras de discos  
con ajo.*

metro) mediante pinzas esterilizadas y a empaparlos para colocarlos dentro de las placas. Así se repitió el proceso 10 veces (dos placas del mismo alimento, por cinco alimentos) colocando cinco pastillas en cada placa. Se colocaron las placas dentro de la incubadora a 40°C durante 24 horas.

Tabla 1: Longitud d elos halos de inhibición a partir de discos de ajo, eucalipto, miel, jengibre y arándanos.

Alimentos	PLACA	ENSAYO	Longitud del halo de inhibición $\pm 0,01$ (cm)	Media PARCIAL (cm)	Media TOTAL (cm)	Desviación típica (cm)
AJO	PLACA 1	disco 1	1,20	0,72	0,88	0,30
		disco 2	0,70			
		disco 3	0,50			
		disco 4	0,70			
		disco 5	0,50			
	PLACA 2	disco 1	1,30	1,05		
		disco 2	0,70			
		disco 3	1,02			
		disco 4	1,20			
		disco 5	1,01			
EUCALIPTO	PLACA 1	disco 1	0,40	0,56	0,67	0,23
		disco 2	0,90			
		disco 3	0,50			
		disco 4	0,40			
		disco 5	0,60			
	PLACA 2	disco 1	0,70	0,78		
		disco 2	0,50			
		disco 3	1,10			
		disco 4	0,80			
		disco 5	0,80			
MIEL	PLACA 1	disco 1	0,30	0,38	0,29	0,13
		disco 2	0,40			
		disco 3	0,30			
		disco 4	0,40			
		disco 5	0,50			
	PLACA 2	disco 1	0,30	0,20		
		disco 2	0,10			
		disco 3	0,10			
		disco 4	0,20			
		disco 5	0,30			
JENGIBRE	PLACA 1	disco 1	0,30	0,11	0,17	0,12
		disco 2	0,10			
		disco 3	0,05			
		disco 4	0,02			
		disco 5	0,10			
	PLACA 2	disco 1	0,20	0,22		
		disco 2	0,10			
		disco 3	0,20			
		disco 4	0,40			
		disco 5	0,20			
ARÁNDANOS	PLACA 1	disco 1	0,40	0,16	0,18	0,16
		disco 2	0,10			
		disco 3	0,20			
		disco 4	0,10			
		disco 5	0,01			
	PLACA 2	disco 1	0,20	0,21		
		disco 2	0,50			
		disco 3	0,10			
		disco 4	0,20			
		disco 5	0,03			



Gráfica 1: Media de las longitudes de inhibición.

En vista de lo obtenido en la gráfica puede parecer que la segunda hipótesis se acepta, ya que a primera vista se pueden ver grandes diferencias entre el ajo y el eucalipto frente a la miel, el jengibre o los arándanos. Pero, las desviaciones típicas son altas, lo que quiere decir que hay mucha variabilidad de resultados entre cada uno de los alimentos y su capacidad antibiótica. Por ello es necesaria la elaboración de una prueba t-student para comprobar diferencias matemáticas.

### **Prueba T-Student:**

Partiendo de la hipótesis inicial de que no existe diferencia significativa entre la capacidad antibiótica de los distintos alimentos se elaboran los siguientes cálculos.

A través de la siguiente fórmula para variables independientes se calculó el valor de t:

$$\frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(n-1)\tilde{S}_1^2 + (m-1)\tilde{S}_2^2}{n+m-2} \left( \sqrt{\frac{1}{n}} + \sqrt{\frac{1}{m}} \right)}}$$

Donde n y m son el número de datos de cada uno (**ajo y jengibre**) y  $\tilde{S}_1^2$ ,  $\tilde{S}_2^2$  las cuasivarianzas.

Realizando los cálculos el valor de t= 7,019. Buscando en tablas t student, queriendo una probabilidad del 95% y sabiendo que hay un grado de libertad de 20-2 = **18**, obtenemos que el valor crítico para esta prueba oscila entre **2,10 y -2,10**. Para que se acepte la hipótesis (es decir, que haya diferencias significativas) es necesario que  $t_{\text{valor}} \geq \text{Valor crítico}$ :

Esto se repitió con todos los datos, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 2: datos t-student

$T_{\text{ajo/jengibre}} = 7,02 \geq 2,10$	Existen diferencias significativas entre la acción antibiótica de los alimentos como el ajo y el eucalipto frente a los otros
$T_{\text{ajo/miel}} = 5,75 \geq 2,10$	
$T_{\text{eucalipto/jengibre}} = 6,15 \geq 2,10$	
$T_{\text{eucalipto/miel}} = 4,57 \geq 2,10$	
$T_{\text{ajo/arándanos}} = 6,58 \geq 2,10$	

## Conclusiones

Retomando la pregunta de investigación de ¿Tienen los alimentos como el ajo, jengibre, arándanos, miel y eucalipto acción biocida sobre poblaciones de levadura de *Saccharomyces boulardii*? podemos proceder a responderla en vista de los datos obtenidos.

Cómo hemos podido comprobar, podemos concluir que todos los alimentos estudiados tienen acción antibiótica frente a las poblaciones de levadura sembradas. Los compuestos activos de los cinco alimentos han resultado efectivos en la inhibición del crecimiento de las levaduras de *Saccharomyces boulardii*. Se ha comprobado así mismo el distinto grado la efectividad de los distintos alimentos. El ajo y el eucalipto destacan sobre los demás como inhibidores del crecimiento fúngico (gráfica 1). Estos resultados obtenidos son acordes con la documentación bibliográfica consultada.<sup>115</sup>

A partir de los resultados obtenidos podemos comprobar las dos hipótesis planteadas inicialmente. La primera hipótesis indicaba que todos los alimentos estudiados, jengibre, arándanos, ajo, eucalipto y miel muestran acción antibiótica. En vista de los resultados obtenidos, como se puede ver en la gráfica 1 y en la tabla 1 existe acción antibiótica.

La segunda hipótesis planteada, siendo que existen diferencias entre la acción antibiótica de los distintos alimentos. Esta hipótesis incluye que, cada alimento utilizado actuará de distinta manera, siendo los más efectivos el ajo o el eucalipto frente a los demás. De nuevo, en vista de los datos obtenidos en la tabla 1 podemos considerar esta hipótesis como válida. Así, se puede asegurar que existen diferencias significativas entre la acción inhibidora de los alimentos más eficaces, eucalipto y el ajo frente a las demás (jengibre, arándanos y miel) (ajo, con 0,883 cm de inhibición y

115 ROGER PAMPLONA, J. (2009), *Enciclopedia de los alimentos y su poder curativo*, Enciclopedia. (Colmenar Viejo, Madrid) Ed. Safeliz, Tomo 1

el eucalipto con 0,670 cm de inhibición como se muestra en la tabla 1). Además, con la ayuda de la prueba estadística T-student y la *tabla 2* logramos comprobar la fiabilidad y la veracidad de los datos obtenidos.

A raíz de esta investigación me han surgido nuevas posibles investigaciones. Sería interesante obtener datos y conclusiones acerca de la relación entre la alimentación y la salud. Podríamos estudiar si las personas que consumen habitualmente este tipo de alimentos naturales inhididores del crecimiento microbiano sufren un menor número de infecciones comparando con personas que no consumen estos productos. Por ello, cabría preguntarse ¿Existe relación entre la cantidad de alimentos considerados como “antibióticos naturales” y la cantidad de veces que enferma una persona al año?

## Bibliografía

- ÁLVAREZ, J. (1996) *Propiedades medicinales del Eucalipto* (documento en línea): <http://www.botanical-online.com/medicinalseucalipto.htm>
- Chen-Yun Hsiang (2008) *Química Agrícola y Alimentaria. El jengibre y sus componentes bioactivos reducen la diarrea en ratones*. (55) (Revista científica) documento en línea disponible en: <http://www.ayalogic.com/el-jengibre-reduce-la-inflamacion-es-bioactivo-y-tiene-ciertos-efectos-antibacterianos/>
- CORRALES, E. año 2013 *Alimentos, algo más que nutrientes* (documento en línea): <http://www.elenacorrales.com/blogelenacorrales/alimentos-algo-mas-que-nutrientes-ii/>
- HIDALGO TORRES, J. (2011), *Tratado de Enología I* (España, Mexico) ED. Mundi Prensa
- NERI RUZ, E. (2009) El jugo de arándano y su papel en las infecciones de las vías urinarias (Mexico, 2009), documento en línea disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/ginobsmex/gom-2009/gom0911e.pdf>
- NOGUERA, N. (2014) *Efecto de la glucosa oxidasa sobre el crecimiento de E. Coli en leche* ResearchGate, documento en línea disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/266795725\\_Efecto\\_del\\_sistema\\_glucosa\\_oxidasa\\_glucosa\\_sobre\\_el\\_crecimiento\\_de\\_la\\_Escherichia\\_coli\\_ATCC\\_25922\\_en\\_leche](https://www.researchgate.net/publication/266795725_Efecto_del_sistema_glucosa_oxidasa_glucosa_sobre_el_crecimiento_de_la_Escherichia_coli_ATCC_25922_en_leche)
- ROGER PAMPLONA, J. (2009), *Enciclopedia de los alimentos y su poder curativo*, Enciclopedia. (Colmenar Viejo, Madrid) ED. Safe-liz Tomo 1

- SOLER, W. (2005), *Antibióticos naturales* (documento en línea disponible en: [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/williamsoler/antibioticos\\_naturales.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/williamsoler/antibioticos_naturales.pdf))
- VALERO, M. año 2012 *Alimentos alcalinos, cómo no tener un cuerpo ácido*. Documento (en línea), disponible en: <http://www.efesalud.com/como-conseguir-un-cuerpo-alcalino/>
- WALKER MORTON, HOFFER, A. (1998), *La nutrición ortomolecular* (Barcelona, España) (ed. Obelisco)
- WILLIAMS, S (1995) *Zumos que curan* (España, Barcelona) (ED. Obelisco)

## Fotografías

- Figura 1: *Para qué sirve la alicina del ajo* (documento en línea disponible en: <https://www.acidohialuronico.org/para-que-sirve-alicina-del-ajo/>)
- Figura 2: Dr. Edward (2013) *Los beneficios para la salud de la Glucosa Oxidasa* documento en línea disponible en: <https://www.globalhealingcenter.net/salud-natural/enzimas-glucosa-oxidasa.html>
- Figura 3: *Óleo esencial de Jengibre* (2017) documento en línea disponible en: <http://www.oleosessenciais.org/oleo-essencial-de-jengibre/>
- Figura 4: SÁNCHEZ, S. (2016) *El controvertido 1,8 cineol en el aceite del árbol de té*. Documento en línea disponible en: <http://www.esuelaesenco.com/lessons/el-controvertido-18-cineol-en-el-aceite-del-arbol-del-te/>

El resto de imágenes fueron tomadas/realizadas por mí, al igual que las gráficas y tablas.

# *La Embajada Keichō: Un primer contacto oficial con Europa. ¿En qué medida se puede considerar un éxito la misión de la Embajada Keichō (1613-1620)?*

Diego Iglesias López



## **Introducción**

La embajada Keichō<sup>116</sup> (1613-1620) fue una expedición dirigida por el daimio<sup>117</sup> de Sendai<sup>118</sup> Date Masamune. Éste había sido elegido por el shōgun<sup>119</sup> Tokugawa Ieyasu para liderar el que supuso “*el primer contacto oficial de Japón con Europa*”<sup>120</sup>. Un contacto propio de la Edad Moderna y que sin embargo el país nipón no volvería a establecer con ningún otro territorio extranjero hasta 1853 durante la Edad Contemporánea presionados por la intervención estadounidense y el desarrollo del colonialismo. Es por ello que la relevancia de esta delegación diplomática radica más allá de un mero encuentro entre dos mundos, pues es el comienzo de lo que el historiador británico Arnold J. Toynbee denomina “*la gran sociedad*”<sup>121</sup>; es decir, la

---

116 慶長使節- Debe su nombre a la era japonesa que la alberga (1596-1615).

117 Señor feudal.

118 Capital de la prefectura de Miyagi (Ver anexo 1).

119 Título militar máximo después del emperador.

120 Suárez Japón, M. (2014). *De Sendai a Coria del Río: Historias de Japoneses y Japoneses*. Sevilla. Universidad de Sevilla. Nº de páginas: 404. (pág 13)

121 Suárez Japón, M. (2014). *De Sendai a Coria del Río: Historias de Japoneses y Japoneses*. Sevilla. Universidad de Sevilla. Nº de páginas: 404. (pág 13)

globalización. De ahí que realizar un adecuado análisis de la misión Keichō sea de suma importancia a nivel histórico.



Imagen 1: Estatua de Hasekura Tsunenaga a la orilla del Guadalquivir en Coria del Río (Sevilla)

Para ella el daimio Date Masamune escogió al samurái Hasekura Tsunenaga junto con el fraile franciscano Luis Sotelo, quien representaría a Japón y a la iglesia cristiana. El objetivo que se les había encomendado era el de abrir nuevas rutas comerciales con Nueva España y Europa<sup>122</sup>. Sin embargo, intereses ocultos y personales, sumados a un comienzo de una política de aislamiento por parte de Japón, llevarían al fracaso de la mayor parte de los objetivos. Poniendo de relieve dos constantes históricas de la Edad Moderna: las guerras de religión y el contacto intercontinental de culturas a través de la navegación transoceánica.

A continuación, desgranaremos todos los elementos que llevaron al fracaso de esta embajada y se analizará la medida en la que ésta triunfó. Intentando responder así a la pregunta de: ¿en qué medida se puede considerar un éxito la misión de la Embajada Keichō (1613-1620)?

En su mayor parte esta cuestión será abordada a través de fuentes historiográficas: en especial el libro *De Sendai a Coria del Río: Historias de Japoneses y Japones* del escritor español Suárez Japón cuyos antepasados fueron miembros de la embajada; y en el libro *Japón y su relación con Occidente. Conmemoración de los 400 años de relaciones España-Japón* de la Universidad Internacional de Andalucía, que hace especial hincapié en las cuestiones geográficas del periplo. Paralelamente, se compararán

---

122 Ros, E. (2015). Apuntes de Historia. La Embajada Keichō: Japoneses en Sevilla.

distintos historiadores con el fin de responder a la pregunta central de investigación.

Inicialmente se analizarán los antecedentes de la misión Keichō, siguiendo con una contextualización del ámbito político-religioso tanto en Europa como en Japón, que permitirá entender correctamente la explicación de los hechos que acometieron durante el desarrollo de la embajada. Finalmente, extrayendo conclusiones de los apartados anteriores, se responderá a la pregunta central de investigación.

## **Investigación**

### **Los primeros contactos de Occidente y Japón**

En el contexto de los descubrimientos geográficos de la Edad Moderna, las primeras rutas partieron desde Occidente hacia las Indias. En este modelo de relaciones internacionales, los reyes colonizadores europeos estaban movidos por los intereses comerciales de las especias y otros productos de lujo, por el afán de ampliar los dominios políticos fuera del viejo continente así como por el deseo de extender la religión.

España y Portugal entraron en contacto con Japón en busca de especias a comienzos del siglo XVI. El primero mantuvo a lo largo de dicho siglo estrechas relaciones comerciales con el país nipón a través del puerto de Manila (Filipinas) al que acudían numerosos mercaderes japoneses convertidos al cristianismo<sup>123</sup>.

Desde Japón a Occidente los contactos no existieron hasta que el 10 de diciembre de 1582 liderados por el jesuita Diego da Mesquita llegaron a España desde Nagasaki cuatro jóvenes estudiantes japoneses de entre 10 y 12 años acompañados por padres del seminario jesuita en el que fueron educados formando la conocida como Embajada Tenshō, un viaje singular de iniciativa japonesa en un contexto de relaciones dominadas por Europa.

Llegaron a Murcia donde fueron recibidos con todos los honores por el rey Felipe II en persona, al cual rindieron pleitesía cumpliendo así con uno de los objetivos de su misión. El segundo era el de prometer obediencia al Papa Gregorio III.

Se eligió Murcia porque en ella se fundó la primera escuela de la Compañía de Jesús y por tanto tenía una gran relevancia religiosa, motivo que como ya se habrá podido comprobar movió en mayor medida

---

123 ( 2016) Ecos de Asia: las relaciones internacionales entre España y Japón durante el período Namban. Consultado el 27 de enero de 2018.

la puesta en marcha de esta embajada. A los 22 días de su llegada y tras haber participado en diversas festividades religiosas partieron desde Alicante hacia Roma donde terminaron su misión<sup>124</sup> logrando del papa Gregorio XIII (1572-1585) el monopolio evangelizador en Japón para los jesuitas<sup>125</sup>.

La embajada Keichō no fue por tanto la primera embajada japonesa en Europa, pero sí la primera embajada oficial. Y es que la embajada Tenshō debido a su carácter plenamente religioso y a estar liderada por jesuitas castellanos no fue considerada como oficial. Mientras que la embajada Keichō no sólo tenía objetivos religiosos, sino también económicos. Por no decir que el número de japoneses que participaron en ella, entre ellos el dirigente de la misión, era mucho mayor. Ambos movimientos responden a los sucesivos cambios de la política interior y exterior japonesa durante la Edad Moderna, bajo la cual el país comenzó a abrirse a Occidente.

Y es que no se ha de menospreciar el valor de la embajada Tenshō, pues representa la primera manifestación de la creciente influencia cristiana en el país nipón y que en gran medida influenciará el primer contacto oficial entre Japón y Europa a través de la embajada Keichō. Pues tras el regreso en 1590 de la embajada Tenshō, el daimio Toyotomi Hideyoshi (1537-1598) comenzó una política agresiva contra las Filipinas. Mas tras su muerte en 1598 las relaciones comerciales se retomaron nombrándose al año siguiente a Jerónimo de Jesús, un franciscano que contaba con el favor del papado, embajador de Japón en Filipinas<sup>126</sup> y cuyo papel como puente de comunicaciones entre el país nipón y España propiciarían la puesta en marcha de la embajada Keichō.

### **Japón: las eras de Keichō<sup>127</sup> (1596-1615) y Genna<sup>128</sup> (1615-1624)**

El siglo XVII comenzó en Japón con un cambio trascendental en la historia del país. Y es que en 1603 dio comienzo el periodo Edo<sup>129</sup> que

---

124 García, P. (2014) La Verdad: Japón conquista Murcia. Consultado el 11 de noviembre de 2017.

125 (2016) Ecos de Asia: las relaciones internacionales entre España y Japón durante el período Namban. Consultado el 27 de enero de 2018.

126 (2016) Ecos de Asia: las relaciones internacionales entre España y Japón durante el período Namban. Consultado el 27 de enero de 2018.

127 慶長

128 元和

129 江戸時代

abarcaría hasta finales del siglo XIX. Dicho periodo se marcaría por el aislamiento de Japón al resto de potencias durante más de doscientos años en lo que se conoce como la política de Sakoku<sup>130</sup> que dio comienzo alrededor del año 1640, pero cuyo germen reside en las medidas que se empezaron a tomar desde el año 1612. Bajo ella se expulsarían a la gran mayoría de comerciantes, la mayor parte de los cuales provenían de España o Portugal<sup>131</sup>.

Sin embargo el inicio del periodo Edo fue muy diferente, ya que sus primeras décadas pertenecían a lo que los historiadores conocen como el periodo de comercio Nanban<sup>132</sup>, durante el que Japón recibió numerosas influencias ya fueran militares, lingüísticas, artísticas, tecnológicas o la que más relevancia conlleva en este estudio: el ámbito religioso<sup>133</sup>.

Así fue que Japón empezó a integrar el cristianismo y clérigos procedentes de Europa entraron con el objetivo de difundir su religión, entre ellos uno de los protagonistas de la embajada Keichō, el ya mencionado Luis Sotelo.

Pese a ello, el éxito de las misiones religiosas europeas sufrió un duro golpe cuando las persecuciones a la religión cristiana estallaron con violencia en todo el país a partir de 1614 por el shōgunato de Tokugawa Hidetada y que se extenderían hasta la entrada total de la política Sakoku<sup>134</sup>.

Sin embargo hacia 1614 la embajada Keichō ya había partido en busca de nuevos pactos comerciales que se verían fuertemente frenados por la negativa de las potencias europeas a establecer cualquier tipo de relación con un país oriental que no respetaba la religión predominante en Europa<sup>135</sup>. En 1624, Japón cortó cualquier tipo de relación diplomática con España.

Algunos historiadores como Mikiso Hane quieren ver las razones de la puesta en marcha del Sakoku en el recelo que empezó a sentir el shōgun Tokugawa Ieyasu al encontrar entre su séquito a cristianos de los

---

130 鎖国; literalmente “país en cadenas”.

131 Loany.(2016). *Historia General: El Periodo de Sakoku de Japón*. Consultado el 11 de agosto de 2017.

132 南蛮貿易時代; literalmente “tratado de comercio con los bárbaros del sur”.

133 Swords, S. *Nanban trade*. Consultado el 11 de agosto de 2017.

134 Jenkins, P. (2014). *Destroying Japanese Christianity*. Consultado el 11 de agosto de 2017.

135 Ros, E. (2015). *Apuntes de Historia. La Embajada Keichō: Japoneses en Sevilla*. Consultado el 10 de agosto de 2017.

que desconfiaba<sup>136</sup>, mientras que otros ven a la falta de respeto hacia la cultura por parte de la mayor parte de extranjeros que viajaban a Japón con motivos comerciales como causa del aislamiento japonés<sup>137</sup>. Aunque la más aceptada es la que afirma que Japón comenzó a ver a Portugal y a España como enemigos de su supremacía en el archipiélago<sup>138</sup>.

Así, en 1615, Japón daba paso a una nueva era conocida como Genna, o “el comienzo de la armonía”, que marcaría los próximos dos siglos de Japón en paz dentro de su aislamiento. Ésta se consiguió gracias al shōgun Tokugawa Ieyasu que logró unificar Japón bajo su mando y establecer Edo (actualmente Tokio) como la capital tras el conocido sitio de Osaka<sup>139</sup>.

### Europa a comienzos del siglo XVII

Los japoneses se encuentran con el Imperio Español, el mayor del momento, con gran cantidad de territorio en América, así como numerosos establecimientos en África y el sureste asiático (ver imagen 2). Un Imperio rico que vivía su Siglo de Oro con escritores como Miguel de Cervantes que en 1605 y 1614 publicaría el *Quijote* o pintores como Diego Velázquez que prosperarían en ciudades en auge económico y cultural como Sevilla y Madrid<sup>140</sup>.



Imagen 2: Territorios de la Corona Española en el año 1600

136 (2013) 日本史ノート - Apuntes sobre la historia de Japón: Luces y sombras de la paz Tokugawa. Consultado el 11 de agosto de 2017.

137 Rosa, E. (2015). Apuntes de Historia. La Embajada Keichō: Japoneses en Sevilla. Consultado el 10 de agosto de 2017.

138 (2016) Ecos de Asia: las relaciones internacionales entre España y Japón durante el período Namban. Consultado el 27 de enero de 2018.

139 Nicotera, A. (2017). Antares Historia: El sitio de Osaka. Consultado el 11 de agosto de 2017.

140 Ocaña, J. (2005). Historiasiglo20. La España del siglo XVII: esplendor cultural. El Siglo de Oro. Consultado el 13 de agosto de 2017.

Bajo el reinado de Felipe III (1598-1621), España vivía bajo una política principalmente pacífica, cuyo evento más importante quizás fuese la expulsión de los moriscos en 1609, que supuso una crisis demográfica para el país pues este grupo social representaba el 3% de la población española de la época<sup>141</sup>.

Francia era junto a España la mayor potencia europea del momento y en la constante lucha por la hegemonía del continente tuvo que intervenir a menudo el Papado, en concreto durante la Guerra de los Treinta Años (1618-1648) iniciada por la reforma protestante del Sacro Imperio Romano Germánico. En general se considera al clero de este siglo espiritualmente hablando como más fiel a los ideales cristianos, sobre todo si son comparados con sus antecesores del Renacimiento. Se intentó expandir la fe cristiana por todo el mundo, pero en Asia encontraron numerosos obstáculos. Además la marcada diferencia entre clases sociales en Roma suponía a menudo un problema para el Vaticano<sup>142</sup>.

### **Las razones por las que Date Masamune eligió a Hasekura Tsunenaga como dirigente de la Embajada Keichō**

Los motivos que llevaron a la elección del samurái Hasekura Tsunenaga son bastante inciertos y quedan a la interpretación de distintos historiadores. Según la obra literaria de Endo Shuzaku, *El Samurái*, obra que, pese a tener una fuerte carga de ficción está basada en hechos históricos verídicos, se le habría encomendado esta misión a cambio de la recuperación del feudo de Kurokawa<sup>143</sup>.

Hasekura Tsunenaga, como explica Valencia Japón, tuvo una vida cargada de persecuciones y castigos hacia él y sus familiares, muchos de los cuales acabaron condenados bajo la pena máxima<sup>144</sup>. Expone incluso la posibilidad de que el propio samurái fuera condenado a muerte y se le ofreciera la amnistía a cambio de realizar esta misión<sup>145</sup>.

Así mismo, tanto Valencia como Endo, ven la experiencia navegando del samurái, había participado en la guerra contra Corea, sumada a su buena capacidad de observador e informador como las razones que lleva-

---

141 Ocaña, J. (2005). *Historiasiglo20*. Los Austrias del siglo XVII: Gobierno de validos y conflictos internos. Consultado el 13 de agosto de 2017.

142 Montagut, E. (2016). *Nuevatribuna*. Los problemas del Papado en el siglo XVII. Consultado el 13 de agosto de 2017.

143 Shusaku, E. (1998). *El Samurái*. Edhasa. (capítulo 1)

144 Suárez Japón, M, op. cit. (pg 52)

145 Suárez Japón, M. op. cit. (pg 52)

ron a su elección. Pues como explica Valencia, no había motivos por los que tuviera que ser alguien importante el dirigente de la Embajada (Hasekura no lo era), bastaba con que fuera fiel y tuviera capacidad de liderazgo para organizar a los más de 140 japoneses interesados en el comercio con Nueva España<sup>146</sup> durante la misión que les llevaría a bordo del San Juan Bautista (ver imagen 3) a lo largo del siguiente año.



*Imagen 3: replica del San Juan Bautista como conmemoración de los lazos entre México y Japón.<sup>147</sup>*

### **Las intenciones de Luis Sotelo y Date Masamune**

Tal y como se había mencionado, los intereses ocultos de los protagonistas de la embajada Keichō son uno de los factores críticos de la misma. Éstos tienen en común una misma ambición: el poder tanto a nivel religioso como político y comercial. En concreto cabe destacar las intenciones de dos personajes: Luis Sotelo y el mismo Date Masamune.

Luis Sotelo, un fraile franciscano, había viajado a Oriente con el fin de difundir la religión cristiana. Nacido en 1574 y sevillano de origen, era el único de la tripulación que conocía las tierras de Andalucía a las que se dirigían. Además de servir de guía por las nuevas tierras, Sotelo era gran conocedor de la lengua japonesa y actuaría como intérprete.

Por otra parte, el Virrey de Nueva España envió a un experimentado navegante, el general Sebastián Vizcaíno quien no

---

146 Suárez Japón, M. op. cit. (pg 50)

147 [Barco : San Juan Bautista] Disponible : <https://japomexico.wordpress.com/2015/08/23/barco-san-juan-bautista/>

agradaba en absoluto al clérigo Luis Sotelo. Desde el inicio Vizcaíno mostró dudas acerca de las intenciones de Masamune y del propio Sotelo<sup>148</sup>. Unas dudas que estaban más que justificadas ya que el primero, aparte de objetivos comerciales, buscaba aprovecharse de la armada española para eliminar a los piratas chinos que amenazaban las costas niponas. Mientras que el segundo, tal y como detallan Suárez Japón y Yayoi Kawamura<sup>149</sup> no sólo buscaba la evangelización del pueblo japonés, sino que vio una oportunidad perfecta para llevar en paralelo operaciones mercantiles que le permitirían aumentar su riqueza considerablemente<sup>150</sup> además de obtener del Papa un episcopado<sup>151</sup>. No es por ello de extrañar que a los pocos días de zarpar, Luis Sotelo haciendo uso de sus aliados y habilidades marineras arrebatase el poder que tenía el general Sebastián Vizcaíno en el viaje<sup>152</sup>.



*Imagen 4: Luis Sotelo (derecha) hablando con Hasekura Tsunenaga y otros miembros de la Embajada Keichō.<sup>153</sup>*

148 Suárez Japón, M. op. cit. (pg 56)

149 Planelles, M. (2013). El País: El rastro centenario del samurái de Coria. Consultado el 28 de enero de 2018.

150 Van den Brule, Álvaro. (2016). El Confidencial: El día en que un galeón repleto de samuráis llegó al puerto de Sevilla. Consultado el 4 de septiembre de 2017.

151 (2014) Inshala: la embajada Keichō. Consultado el 22 de octubre de 2017.

152 Suárez Japón, M. op. cit. (pg 56)

153 Van den Brule, Álvaro. op. cit.

## Comienza la misión Keichō: Desde Tsukinoura hasta Acapulco



Imagen 5: ruta de ida y regreso de la misión Keichō.<sup>154</sup>

El 28 de octubre de 1613, zarpó desde la bahía de Tsukinoura, al noreste de Japón, el San Juan Bautista con el objetivo de llegar a Nueva España.

Su primera parada sería Acapulco. Para ello primero deberían ir al norte hasta llegar a la latitud de paralelo 40°. Allí encontrarían la corriente de Kuro Sivo que les llevaría hasta su destino<sup>155</sup>. Tal y como Endo nos relata, la tripulación pasó numerosas penurias, incluso algunos fallecieron víctimas del alto oleaje<sup>156</sup>.

Finalmente, el 25 de enero de 1614 la Embajada Keichō llegó a Nueva España<sup>157</sup>.

Según Valencia Japón los expedicionarios se encontraron con una de las ciudades que más comerciantes atraía, de hecho en las ferias podía llegar incluso a quintuplicar la población de la ciudad<sup>158</sup>. Su llegada al puerto provocó numerosas dificultades que no son mencionadas en los escritos que dejó Escipión Amati, al dictado de Luis Sotelo, en los que refleja recibimientos triunfales que nunca tuvieron lugar<sup>159</sup>, manipulando así los verdaderos hechos históricos. Amati no hace referencia a las disputas entre japoneses y locales<sup>160</sup>, como sí menciona Endo “no eran

154 [mapa de la ruta completa de la misión Keichō] Recuperado de: <http://www.historiajaponesa.com/la-embajada-keicho-1613-1620-samurais-catolicos-en-la-sevilla-del-siglo-xvii/>

155 Varios autores; editora Gómez Aragón, A. (2013). *Japón y su relación con Occidente. Conmemoración de los 400 años de relaciones España-Japón*. Página 194.

156 Shusaku, E. op. cit. (capítulo 3)

157 Suárez Japón, M. op. cit. (pg 62)

158 Suárez Japón, M. op. cit. (pg 63)

159 Amati, E. (edición 2014) *Historia de la embajada de Idate Masamune al Papa Paulo V (1613-1615)*. Madrid: Ediciones Doce Calles, S.L. (Capítulo 16)

160 Suárez Japón, M. op. cit. (pg 64)

recibidos con los brazos abiertos”<sup>161</sup>. El informe más completo es el que nos deja Valencia que recoge incluso las discrepancias entre Sotelo y Sebastián Vizcaíno que llevarían a la necesaria intervención del alcalde mayor, contra el que arremetieron los japoneses y que desembocó en un gran desorden<sup>162</sup>. Estas disputas sumadas al recelo por parte de los jesuitas (enemigos de los franciscanos como Sotelo) llevaron al envío de informes en los que se hacía hincapié sobre la ambición personal de Luis Sotelo y sobre la ironía de estar llevando una misión con objetivos cristianos cuando en Sendai ya se estaban desarrollando persecuciones a cristianos. A raíz de ello el propio virrey de Nueva España tuvo que intervenir prohibiendo que los japoneses portasen armas y regulando cómo debía de ser el trato entre éstos y los españoles. Además, solicitó la presencia de Vizcaíno y Hasekura en Ciudad de México.

### Ciudad de México: un encuentro estéril

Durante el encuentro con el Virrey, los embajadores trataron de establecer las relaciones comerciales que les habían llevado a América. Sin embargo, el Virrey afirmaba que no contaba con las competencias para llevar a cabo esos tratos sin la autoridad del Rey.

Ante esta negativa hay escritos como los de Amati o Endo que sugieren que Sotelo bautizó a 78 japoneses en la Ciudad de México con el objetivo de persuadir al Virrey<sup>163</sup>. Y aunque ni Valencia ni Gil hacen referencia a este evento, muchos de los japoneses que volvieron a su tierra natal tras la misión Keichō fueron ajusticiados por ser cristianos.

Decididos a completar su misión, Hasekura, junto a una tripulación mucho más reducida se dirigió al puerto de Veracruz, desde el que zarparía hacia España<sup>164</sup>.



Imagen 6: mapa de Acapulco, Ciudad de México y Veracruz.<sup>165</sup>

161 (cap.4, p. 73)

162 Suárez Japón, M. (2007). *Japones y japoneses en la orilla del Guadalquivir*. Fundación El Monte. (pg 146-148)

163 Suárez Japón, M. op. cit. (pg 68)

164 Gómez Aragón, A. op. cit (pg 197)

165 Imagen obtenida a partir del servicio web “Google Maps”.

## Sevilla: una ciudad en auge

Desde Veracruz partieron el 10 de junio de 1614 a bordo del San José hacia España. Ese día Hasekura sintió serias dudas sobre si debía volver a Japón, pero finalmente el compromiso con su señor le hizo continuar<sup>166</sup>.

En su viaje pasaron por La Habana, y pese a que no se tiene registro de ningún acontecimiento relevante, a día de hoy una estatua rinde memoria a la primera vez que orientales pisaron esas tierras<sup>167</sup> (ver imagen 7).



*Imagen 7: estatua en honor a la primera vez que orientales pisaron Cuba en la Habana.<sup>168</sup>*

Finalmente, tras numerosos ataques piratas de los que fueron defendidos por la flota enviada por la corona española, el 5 de octubre de 1614, un año después de que zarparan de Tsukinoura, la Embajada comenzó a subir el Guadalquivir<sup>169</sup>. Se dirigían a Sevilla, poderosa ciudad cabecera del “imperio hispánico”, para después dirigirse a Madrid, sede de la corte real.

Antes de llegar a Sevilla la embajada paró en Sanlúcar de Barrameda, ciudad que desde el descubrimiento de América hasta el año 1571 había cuadruplicado su población hasta los 6495 habitantes<sup>170</sup>. En

---

166 AGI, Filipinas, 1, ramo 4, nº 224. Don Francisco de Huarte, Presidente de la Casa de Contratación, al Marqués de Salinas. Sevilla 4.XI.1614.

167 Suárez Japón, M. op. cit. (pg 72)

168 (2014) [Estatua en honor a Hasekura en La Habana]. Disponible en: <https://modelismocubano.com/2014/07/27/un-samurai-en-la-habana/>

169 Suárez Japón, M. op. cit. (pg 75)

170 Sánchez Herrero, J. (1984) *Cádiz Medieval. Provincia de Cádiz*. Gever, Sevilla.

dicha ciudad portuaria residía el duque D. Alonso Pérez de Guzmán y Sotomayor<sup>171</sup> quien preparó el recibimiento de Hasekura y sus acompañantes ofreciéndoles todo aquello que fueran a necesitar para su viaje hasta Sevilla, como las dos galeras en las que ascenderían hasta la capital andaluza<sup>172</sup>.

No fueron pocos los obstáculos que tuvieron que sortear en su ascensión por el Guadalquivir, pues su cauce se estrecha en numerosas zonas y su profundidad es muy cambiante haciendo los viajes a través de él lentos<sup>173</sup>. Pero finalmente arribaron a la pequeña localidad de Coria del Río. Cabe hacer mención a la importancia cultural que dejó la embajada en la pequeña localidad sevillana, pues tal y como afirma Valencia Japón basándose en unos papeles en los que se aprecia una diferencia entre los japoneses que llegaron a España y los que regresaron a sus países natales<sup>174</sup>, muchos de los tripulantes se quedaron a vivir en Coria del Río, dejando entre sus habitantes el apellido Japón hasta nuestros días.



Imagen 8: ruta ascendiendo el Guadalquivir.<sup>175</sup>

El día que se estableció para la entrada de la Embajada Keichō a Sevilla fue el 21 de octubre de ese mismo año. Día en el cual, tal y como

171 VII Duque de Medina Sidonia y Capitán General de la Mar y costas de Andalucía.

172 Suárez Japón, M, op. cit. (pg 82).

173 Suárez Japón, M. op. cit. (pg 98).

174 Planelles, M. (2013). El País: El rastro centenario del samurái de Coria. Consultado el 28 de enero de 2018.

175 Imagen obtenida a partir del servicio web "Google Maps".

recogen Valencia y Amati fueron recibidos con todo tipo de festejos<sup>176</sup>. Después de 15 años Luis Sotelo había regresado a su ciudad natal y se sucedieron distintas reuniones con nobles en el Convento Casa Grande de San Francisco<sup>177</sup>, al cual pertenecía. Sin embargo estos encuentros tenían un carácter de bienvenida más que de gesto político. Ámbito que se trataría a su llegada a Madrid.

### **Los líderes de la cristiandad: Felipe III y Pablo V**

El día 25 de noviembre de 1614, la embajada partió a su cita en Madrid. El rey Felipe III ya estaba al tanto de la inminente llegada de la embajada, pues se le había informado por carta con dos meses de antelación. En dicha carta (ver anexo 2) Hasekura hace hincapié en el deseo de su señor, Date Masamune, en cristianizar a todos sus súbditos y que por ello había acudido al que califica como “*Rey de los cristianos*” en busca de ayuda<sup>178</sup>.

El rey, ignorante de la persecución de cristianos que se estaba dando en Japón se reunió con Hasekura y Luis Sotelo en diciembre del año 1614. Se mostró partidario de establecer las relaciones comerciales que se le ofrecían y vio una oportunidad de aumentar su poder en las antípodas. Por su parte, Hasekura fue bautizado como Felipe Francisco de Fachicura por la capellanía del rey, mostrando así su plena dedicación a la misión<sup>179</sup>.

Confiados de su triunfo partieron a Roma antes de firmar cualquier pacto. En agosto de 1615 llegaron al Vaticano donde se entrevistaron con el Papa Pablo V. Sin embargo resulta ser un encuentro infructuoso, pues Pablo V, consciente de la situación religiosa en Japón solamente accedió a nombrar a Luis Sotelo obispo de Mutsu<sup>180</sup> (ver anexo 3), título que quedaba lejos de las altas expectativas del fraile de obtener una diócesis del Japón septentrional<sup>181</sup>. Por otro lado, historiadores como Fernando Iwasaki creen ver las advertencias al papa por parte de algunos franciscanos sobre el carácter excesivamente ambicioso y egoísta de Luis

---

176 Suárez Japón, M. op. cit. (pg 103).

177 Suárez Japón, M. op. cit. (pg 104)

178 Alvar, M. (1995). *Nebrija y estudios sobre la Edad de Oro*. Madrid: Consejo superior de investigaciones científicas. Página 307.

179 Rosa, E. (2015). *Apuntes de Historia: La Embajada Keichō: Japoneses en Sevilla*. Consultado el 22 de octubre de 2017.

180 (2014) *Inshala: la embajada Keichō*. Consultado el 22 de octubre de 2017.

181 (2016) *Ecos de Asia: las relaciones internacionales entre España y Japón durante el período Namban*. Consultado el 27 de enero de 2018.

Sotelo<sup>182</sup> como una de las causas que llevaron a que el mismo no obtuviese la diócesis que tanto ansiaba.



Imagen 9: ruta por Europa de la Embajada Keichō<sup>183</sup>

Pero este evento solo marcaría el comienzo de las penurias que pasarían nuestros viajeros. Pues de regreso a Madrid para cerrar los pactos que se acordaron se encontraron con la firme negativa del rey de España, el cual ya conocía la política de aislamiento y anticristiana que estaba siguiendo el país nipón<sup>184</sup>. Las noticias eran agrídulces para España, la cual no veía aumentado su poderío en Asia, pero eran aún peores para los embajadores, quienes se habían convertido al cristianismo, religión ahora prohibida en su país natal. Y por si fuera poco habían pasado los dos últimos años de sus vidas en una misión que no había cumplido ninguno de los objetivos encomendados.

Movidos por el sentido del deber, Hasekura y Luis Sotelo regresaron a Japón en 1622, nueve años después de su partida. El shōgun, lejos de agradecer su servicio al país, mandó su inmediato encarcelamiento y ejecución. Aunque se ha de matizar que un reducido número de historiadores afirman que la verdadera causa que terminó con la vida de Hasekura fue una enfermedad que adquirió en Europa<sup>185</sup>.

La tumba de Hasekura Tsunenaga se encuentra ahora en el templo budista de Enfukuji, cerca de Sendai (ver imagen 10).

---

182 (2016) *Ecos de Asia: las relaciones internacionales entre España y Japón durante el período Namban*. Consultado el 27 de enero de 2018

183 Rosa, E. (2015). [mapa de la ruta de la Embajada Keichō por Europa]. Recuperado de: [https://www.apuntesdehistoria.net/embajada-keicho/#La\\_embajada\\_Keicho](https://www.apuntesdehistoria.net/embajada-keicho/#La_embajada_Keicho)

184 Rosa, E. (2015). *Apuntes de Historia: La Embajada Keichō: Japoneses en Sevilla*. Consultado el 22 de octubre de 2017.

185 (2016) *Ecos de Asia: las relaciones internacionales entre España y Japón durante el período Namban*. Consultado el 27 de enero de 2018



Imagen 10: tumba de Hasekura Tsunenaga en Enfukuji (Sendai)<sup>186</sup>

## Conclusiones: una misión infructuosa

Tras conocer todos los detalles que se han considerado relevantes para responder a la cuestión de investigación, se procede a hacer una valoración del éxito que se podría atribuir a la misión de la Embajada Keichō.

Como ya se ha mostrado, ninguno de los objetivos que tenía la embajada pudo cumplirse. Ni siquiera a nivel personal: Date Masamune no estableció relaciones comerciales con España, Luis Sotelo no logró ni enriquecerse ni el episcopado que tanto deseaba y Hasekura Tsunenaga, lejos de salvar su honor, fue ejecutado a su regreso a Japón junto a Luis Sotelo.

Es por tanto indiscutible que la Embajada Keichō no tuvo éxito en ningún aspecto, debido principalmente a la política de Sakoku que estableció Japón en el año de su partida que, como se ha podido ver, eliminó cualquier esperanza de éxito al representar una política anticristiana y que busca el aislamiento.

Sin embargo se han de destacar algunos aspectos relevantes que no debemos desdeñar; de un lado el legado cultural que dejó tanto en España como en América; de otro es muy probable que la diplomacia japonesa obtuviese de esta delegación infructuosa algunas experiencias o lecciones que, quizá, utilizaría más adelante.

Finalmente creo que, siguiendo esta modesta aportación, es necesario profundizar en el conocimiento histórico de las relaciones de Japón

---

186 (1900) [Tumba de Hasekura en Enfukuji] Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Hasekura\\_Tsunenaga](https://es.wikipedia.org/wiki/Hasekura_Tsunenaga)

con el mundo occidental a lo largo de los siglos XVII y XVIII, dos mundos que, probablemente, no han sido tan impermeables.

## **Bibliografía**

### **Libros**

- Alvar, M. (1995). *Nebrija y estudios sobre la Edad de Oro*. Madrid: Consejo superior de investigaciones científicas. Número de páginas: 494
- Amati, E. (edición 2014) *Historia de la embajada de Idate Masamune al Papa Paulo V (1613-1615)*. Madrid: Ediciones Doce Calles, S.L. Número de páginas: 174.
- Shusaku, E. (1998). *El Samurái*. Edhasa. Número de páginas: 304
- Suárez Japón, M. (2014). *De Sendai a Coria del Río: Historias de Japoneses y Japoneses*. Sevilla. Universidad de Sevilla. Nº de páginas: 404.
- Suárez Japón, M. (2007). *Japoneses y japoneses en la orilla del Guadalquivir*. Fundación El Monte. Número de páginas: 284.
- Editora Gómez Aragón, A. (2013). *Japón y su relación con Occidente. Conmemoración de los 400 años de relaciones España-Japón*. Sevilla: Universidad Internacional de Andalucía. Nº de páginas: 216.

### **Enlaces**

- García, P. (2014) *La Verdad: Japón conquista Murcia*. Disponible en: <http://www.laverdad.es/ababol/arte/201405/17/japon-conquista-murcia.html>
- Loany.(2016). *Historia General: El Periodo de Sakoku de Japón*. Disponible en: <http://historiageneral.com/2014/05/20/el-periodo-sakoku-de-japon/>
- Montagut, E. (2016). *Nuevatribuna. Los problemas del Papado en el siglo XVII*. Disponible en: <http://www.nuevatribuna.es/articulo/historia/problemas-papado-siglo-xvii/20160321133045126612.html>
- Nicotera, A. (2017). *Antares Historia: El sitio de Osaka*. Disponible en: <http://antareshistoria.com/128-2/>
- Ocaña, J. (2005). *Historiasiglo20. La España del siglo XVII: esplendor cultural. El Siglo de Oro*. Disponible en: <http://www.historiasiglo20.org/HE/7f.htm>

- Ocaña, J. (2005). Historiasiglo20. Los Austrias del siglo XVII: Gobierno de validos y conflictos internos. Disponible en: <http://www.historiasiglo20.org/HE/7a.htm>
- Planelles, M. (2013). El País: El rastro centenario del samurái de Coria. Disponible en: [https://elpais.com/ccaa/2013/06/08/andalucia/1370712814\\_234953.html](https://elpais.com/ccaa/2013/06/08/andalucia/1370712814_234953.html)
- Ros, E. (2015). Apuntes de Historia. La Embajada Keichō: Japoneses en Sevilla. Disponible en: <https://www.apuntesdehistoria.net/embajada-keicho/>
- Swords, S. Nanban trade. Disponible en: <http://www.shibuiswords.com/namban.htm>
- Van den Brule, Álvaro. (2016). El Confidencial: El día en que un galeón repleto de samuráis llegó al puerto de Sevilla. Disponible en: [https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2016-05-07/hasekura-rokue-mon-shogun-tokugawa-ieyasu-embajada-japon-espana\\_1195936/](https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2016-05-07/hasekura-rokue-mon-shogun-tokugawa-ieyasu-embajada-japon-espana_1195936/)
- (2016) Ecos de Asia: las relaciones internacionales entre España y Japón durante el período Namban. Disponible en: <http://revista-cultural.ecosdeasia.com/las-relaciones-internacionales-entre-espana-y-japon-durante-el-periodo-namban/>
- (2014) Inshala: la embajada Keichō. Disponible en: <http://www.inshala.es/la-embajada-keicho/>
- (2013) 日本史ノ一ト - Apuntes sobre la historia de Japón: Luces y sombras de la paz Tokugawa. Disponible en: <https://nipponshi.wordpress.com/tag/sakoku/>

## **Imágenes**

- Pineda, D. (2015). Estatua de Hasekura en Coria del Río [fotografía]. Recuperado de: <https://www.race.es/viajes-race/rutas-y-destinos/el-secreto-nipon-que-esconde-sevilla>
- Ros, E. (2015).[Mapa de la ruta de la Embajada Keichō por Europa]. Recuperado de: [https://www.apuntesdehistoria.net/embajada-keicho/#La\\_embajada\\_Keicho](https://www.apuntesdehistoria.net/embajada-keicho/#La_embajada_Keicho)

- (2014) [Estatua en honor a Hasekura en La Habana]. Disponible en: <https://modelismocubano.com/2014/07/27/un-samurai-en-la-habana/>
- (1900) [Tumba de Hasekura en Enfukuji] Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Hasekura\\_Tsunenaga](https://es.wikipedia.org/wiki/Hasekura_Tsunenaga)
- [100 años del Sendero de los 100 Años] Recuperado de: 仙台の古地図 (Mapas antiguos de Sendai) [http://yaplog.jp/sendai\\_kaze/archive/799](http://yaplog.jp/sendai_kaze/archive/799)
- [Mapa de Japón] Disponible en: <http://www.cyrilic.tohoku.ac.jp/english/cyrilic/map.html>
- [Mapa de la ruta completa de la misión Keichō] Recuperado de: <http://www.historiajaponesa.com/la-embajada-keicho-1613-1620-samurais-catolicos-en-la-sevilla-del-siglo-xvii/>
- [Provincia de Mutsu] Disponible en: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mutsu\\_Province](https://en.wikipedia.org/wiki/Mutsu_Province)
- [Territorios españoles en 1600]. Recuperada: <https://laamericaespanyola.wordpress.com/2016/06/29/la-america-espanola-en-1600/>
- La aplicación web google maps ha sido empleada en la creación de algunos de los mapas que aparecen.

## Anexos

### Anexo 1: Sendai



Imagen 11: mapa de Japón con Sendai señalada en color rojo.<sup>187</sup>



Imagen 12: mapa de Sendai de principios del siglo XX<sup>188</sup>

187 [mapa de Japón] Disponible en: <http://www.cyric.tohoku.ac.jp/english/cyric/map.html>

188 [100 años de Sendai] Recuperado de: [http://yaplog.jp/sendai\\_kaze/archive/799](http://yaplog.jp/sendai_kaze/archive/799)

## Anexo 2: las cartas de Hasekura al Rey



« En el Japón, Ydate Masamune, Rey de Voxu, mi señor, auiedo oydo las cossas de la Sancta ley de Dios, jusgándolas por sanctas y buenas, mandó publicar en su Reyno que todos sus uasallos fuesen *christianos*. Para esto, sabiendo que *Vuesa Magestad* es el supremo y poderoso Rey de los *christianos* y que el señor Papa es la cabeça y perlado de todos los del mundo, me mandó viniese con el *padre* fray Luis Sotelo a adorar a los dos (con temor y rreuerençia)\* y a pedirles le manden ynbiar padres de Sanct Francisco para que por su medio esto se consiga, y a tratar con *Vuestra Magestad* otras cossas de que los dos daremos quenta en llegando a su presençia. Y aunque es muy largo el camino entre montes y mares no lo tengo por trabajo sabiendo es para prouecho de muchas Almas. Considerando tambien honrra que de uer tanta magestad me rresulta, me alegro cómo el lugar escuro rreçuiendo la luz. Y, aunque sea atrevimiento, lo significo por esta carta. Suplico a *Vuestra Magestad* me mande dar liçençia y orden para que uaya a gozar presto de esta honrra y contento.

Postrado por tierra con temor deseco caer en graçia de tan alta Magestad.\*

De la mar a 26 de la luna otava, que son a 30 días de setiembre. El año Diez y nueue de la hera de quecho, que es el de 10614 [*sic*].

Imagen 13: carta original de Hasekura (izquierda) con su traducción (derecha)

## Anexo 3: provincia de Mutsu.

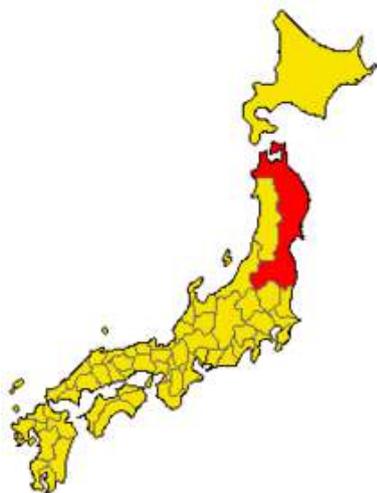


Imagen 14: provincia de Mutsu rotulada en color rojo.<sup>189</sup>

189 [provincia de Mutsu] Disponible en: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mutsu\\_Province](https://en.wikipedia.org/wiki/Mutsu_Province)

*Cadalso vs Bécquer: lo apolíneo en Cartas marruecas y lo dionisiaco en Leyendas ¿Es aplicable la clasificación de Nietzsche al Neoclasicismo y al Romanticismo?*

*Jara Ramos Corchero*



*Si quieres que tus hijos sean  
inteligentes, léeles cuentos  
de hadas. Si quieres que  
sean más inteligentes, léeles  
más cuentos de hadas.*

*Albert EINSTEIN*

*Incluso Eurípides era, en  
cierto sentido, solo una  
máscara: la deidad que  
habló a través de él no fue ni  
Dionisio ni Apolo, sino todo  
ello renacido en un demonio  
llamado Sócrates.*

*Friedrich NIETZSCHE*

## **Agradecimientos**

A mi supervisor Carlos. Gracias por tu apoyo y por guiarme tan acertadamente a lo largo de todo el proceso. También por tu infinita paciencia.

A mi prima Stella. Gracias por redirigirme a Nietzsche al principio del proceso a partir de mis torpes explicaciones y por compartir tus conocimientos de editora conmigo.

A mi profesor Joaquín. Gracias por haber creído y seguir creyendo en la idea original que impulsó este trabajo. Me has permitido vivir experiencias muy interesantes y enriquecedoras con esta investigación.

A mi compañera Laura. Gracias por soportar mis repetidas quejas. Sin tu ayuda, la realización de este estudio habría sido mucho más dura.

Gracias mil.

## **Introducción**

### **Fundamento teórico**

El filósofo y filólogo alemán Friedrich Nietzsche plantea en su libro *El nacimiento de la tragedia* que la historia del arte avanza a partir de una dualidad que tiene su origen en el hombre mismo: «la seguridad inmediata de la intuición de que el desarrollo del arte está ligado a la duplicidad de lo apolíneo y de lo dionisiaco»<sup>190</sup>. Afirma que la predominancia de la concepción apolínea, con su visión de la belleza razonada, se alterna con la dionisiaca, embriagada y desinhibida, en cada momento artístico y, por lo tanto, también literario.

### **Selección de las obras a estudiar**

Trataré de aplicar esta clasificación en una tradición literaria tan sólida como es la española, que a lo largo de su evolución ha reflejado transiciones entre movimientos que han abrazado o rechazado las propuestas clásicas, que se han alternado con otras propuestas más personales y creativas. La conclusión a la que llegue será aplicable desde siglo XV, cuando empieza a haber un corpus de textos suficiente, hasta el siglo XIX, momento tras el cual aparecen las Vanguardias, que rompen totalmente con lo establecido; además, a partir de este momento la perspectiva temporal de los estilos artísticos y literarios me impide una categorización más argumentable, y la percepción de la vigencia de dichos movimientos se reduce considerablemente.

Tras un análisis inicial podríamos afirmar que la Edad Media, el Barroco y el Romanticismo son periodos dionisiacos, mientras que el Renacimiento, Neoclasicismo y el Realismo son periodos apolíneos. Teniendo esto en cuenta y con el fin de centrar la investigación, me focalizaré en demostrar que la clasificación que hace Nietzsche sobre el arte en general es aplicable a la narrativa corta, género que me permite manejar más textos, definiendo e identificando sus rasgos apolíneos y dionisiacos. Anali-

---

<sup>190</sup> *El drama musical griego*. Nietzsche, F., & Sánchez Pascual, A. (2015). *El nacimiento de la tragedia o Grecia y el pesimismo* (p. 49). Madrid: Alianza Editorial.

zaré dos obras emblemáticas de dos periodos concretos: consideraré las neoclásicas *Cartas marruecas* (1789), de José Cadalso, como texto apolíneo, y las románticas *Leyendas* (1858-1864), de Gustavo Adolfo Bécquer, como texto dionisiaco. Considero que estos periodos son particularmente relevantes, ya que se desarrollan entre dos grandes revoluciones, la Francesa y la Industrial, que condicionaron las formas de la expresión artística. Además, estos periodos ya aparecen más libres de condicionantes ideológicos limitadores como, por ejemplo, la moral católica tradicional.

En el primer conjunto, las *Cartas marruecas*, José Cadalso critica su presente de manera constructiva, objetiva y analítica con el objetivo de mejorarlo. Por el contrario, en el segundo, las *Leyendas*, de Gustavo Adolfo Bécquer, el autor expresa lo que le impacta de una manera subjetiva y personal, con un estilo más sorprendente, e incluso a veces terrorífico, con el que conmueve al lector. Estas características encajan a la perfección con el espíritu apolíneo y dionisiaco respectivamente, y por este motivo considero que estas obras son adecuadas para mi análisis.

Se trata de una muestra muy acotada. Compensaré ligeramente esta limitación refiriéndome utilizando el género de la narrativa corta. Esta me permite analizar más escritos y de este modo ampliar la muestra; además constituye un tipo de literatura más espontánea y a la vez menos encorsetada que la poesía o el teatro, lo que hace mi selección más espontánea, y por ello susceptible de ser fuente de elementos relevantes.

## Análisis

### Hipótesis y objetivo

En *El drama musical griego* el filósofo Nietzsche da a entender que la transición entre movimientos es cada vez más progresiva a medida que pasa el tiempo, como ejemplifica citando a Feuerbach: «no es de extrañar que [...] acaben fundiéndose en un todo inseparable»<sup>191</sup>. En efecto, no tenemos más que comparar el paso de la Edad Media al Renacimiento y el del Romanticismo al Realismo, el primero más brusco que el segundo. Todas estas evoluciones constituyen cambios que alternan entre «la embriaguez del sufrimiento»<sup>192</sup>, referido a lo dionisiaco, y «el bello sueño»<sup>193</sup>, referido a lo apolíneo. Para el pensamiento dionisiaco utilizaríamos adjetivos<sup>194</sup> como desbordante, embriagado, impulsivo, vital o excesivo, mien-

---

191 *El drama musical griego*. *Ibíd.* (p. 241)

192 *La visión dionisiaca del mundo*, *Ibíd.* (p. 292)

193 *La visión dionisiaca del mundo*, *Ibíd.* (p. 292)

194 Adjetivos sacados de: 3. Lo apolíneo y lo dionisiaco. E-ducativa.catedu.es. Recuperado en

tras que podríamos describir<sup>195</sup> el apolíneo como armónico, luminoso, razonado, sereno y comedido. Mi objetivo será considerar estos adjetivos como las características contrapuestas que buscaré en las obras seleccionadas, basándome en la teoría de Friedrich Nietzsche.

### **Características aplicadas a las obras de la clasificación nietzscheana**

Según Detienne, a Apolo se le atribuye «el arte civilizador»<sup>196</sup>, es decir, lo educado, lo racional y lo artificial, mientras que Nietzsche le asigna a Dionisio la desinhibición animal, lo salvaje de la naturaleza, tal y como explica con el mito de las Bacantes<sup>197</sup>, y los altibajos del éxtasis. Estas dos percepciones aúnan las características de sus respectivas filosofías.

Resulta curioso que lo apolíneo se vincule con lo onírico<sup>198</sup>, cuando es en las obras barrocas o románticas donde el sueño está más presente, como manera de huir de la realidad o de evocar otras sensaciones más personales («Yo creo que he visto unos ojos como los que he pintado en esta leyenda. No sé si en sueños, pero yo los he visto»<sup>199</sup>). Para entenderlo, tenemos que analizar lo que se entiende por onírico en el contexto apolíneo. Se refiere al ideal de perfección, de equilibrio, de orden. Por ello «el sentimiento translúcido de su apariencia» obliga al poeta apolíneo a volver a recrear métricas latinizantes. Sin embargo, en el caso dionisiaco el mundo onírico debe entenderse como un mundo ideal (e inalcanzable), fantástico y a veces exótico, o sea, alejado de su realidad, cuyo fin es evadirse, alcanzar el éxtasis ya que, como evidencia Nietzsche al reproducir las palabras del «dios de los bosques, acompañante de Dionisio»<sup>200</sup> («lo mejor de todo es no existir, lo mejor en segundo lugar, morir pronto»<sup>201</sup>), donde se evidencia el rechazo a la existencia.

---

enero 2018 de

[http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//3750/3998/html3\\_lo\\_apolneo\\_y\\_lo\\_dionisaco.html](http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//3750/3998/html3_lo_apolneo_y_lo_dionisaco.html)

195 *Ibíd.*

196 Arcella, L. (2013). *Praxis Filosófica Nueva serie*, No. 37, julio-diciembre 2013: 95 - 125 ISSN: 0120-4688 APOLO Y DIONISOS: LA MÚSICA DE LOS DIOSES (p. 8). Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/pafi/n37/n37a05.pdf>

197 *La visión dionisiaca del mundo* en: Nietzsche, óp. cit. (p. 287-288)

198 «El bello sueño». *La visión dionisiaca del mundo*, *Ibíd.* (p. 292)

199 *Los ojos verdes*. Bécquer, G. A. (2017). *Leyendas*. (p. 217) Madrid, España: Ediciones Cátedra.

200 *Visión dionisiaca del mundo*: Nietzsche, óp. cit. (p. 289)

201 *La visión dionisiaca del mundo*: Nietzsche, óp. cit. (p. 289)

Ese ideal apolíneo es el clásico, referido al mundo griego, ya que «el cuadro que se le ofrecía [a Nietzsche] en la fase de preparación para *El origen de la tragedia* era el de una Grecia esencialmente apolínea, es decir, serena y por eso filtrada por la perspectiva de Winckelmann»<sup>202</sup>. Se trata de una visión de Grecia muy común históricamente, y por lo general se identifica con la belleza por antonomasia. Podemos decir que ese ideal griego es lo razonado en todos sus sentidos: como ordenado, medido y armonioso, así como lo discernido, intelectualizado y racional. Por lo tanto, se evidenciará en textos donde se muestre el afán por el orden, con estructuras clásicas y definidas, y con «mesurada limitación libre de las emociones más salvajes con la sabiduría y sosiego del dios-escultor»<sup>203</sup>, es decir, será intelectual y didáctico a la par que objetivo. Esta «exigencia ética de la medida [...] resulta posible allí donde se considera que la medida, el límite, es conocible [...]: para poder respetar los límites hay que conocerlos»<sup>204</sup>. Esto se puede traducir en un interés por la ciencia, por comprender el mundo y conocerse a sí mismo, «admonición apolínea»<sup>205</sup>, es decir, en la consideración de que la aspiración a la objetividad es deseable y posible, algo que no comparte la visión dionisiaca del mundo.

La Real Academia Española caracteriza las *Cartas marruecas* «entre el género epistolar y el ensayístico»<sup>206</sup>, a lo que se debe ese tono didáctico-intelectual característico. Si nos lo planteamos como un ensayo<sup>207</sup> apreciaríamos la estructura de análisis –con argumentos basados claramente en los ejemplos que presentan los tres personajes principales–, en la que primero se plantea una tesis que se va demostrando a medida que avanza la obra.

Con estas proporciones hago ánimo de examinar no sólo la corte, sino todas las provincias de la Península. Observaré las costumbres de este pueblo, notando las que le son comunes con las de otros países de Europa, y las que le son peculiares. Procuraré despojarme de muchas preocupaciones que tenemos los moros contra los cristianos, y particularmente contra los

---

202 Arcella, óp. Cit. (p. 5)

203 *La visión dionisiaca del mundo*: Nietzsche, óp. cit. (p. 282)

204 *Ibíd.* (p. 295)

205 *La visión dionisiaca del mundo*. *Ibíd.* (p. 295)

206 Real Academia Española. (2015, 2 marzo). *Cartas marruecas*. Recuperado de <http://www.rae.es/cartas-marruecas>

207 He utilizado el siguiente PDF para determinar las características propias de un ensayo: LOS TEXTOS ENSAYÍSTICOS [(PDF)]. (2009). Recuperado de <https://lenguamarena.files.wordpress.com/2009/11/los-textos-ensayisticos.pdf>

españoles. Notaré todo lo que me sorprenda, para tratar de ello con Nuño y después participártelo con el juicio que sobre ello haya formado.<sup>208</sup>

En cada ocasión vemos el planteamiento de la tesis, el método que Gazel utilizará en las consiguientes cartas, lo que constituye de manera evidente una declaración de intenciones del autor. Debido a la gran cantidad de temas tratados – véase la variedad de España y sus regiones, la defensa de la Ilustración, la crítica a la mala educación de la nobleza o el ideal de hombre moderno – no hay una conclusión única en el último apartado titulado por el propio Cadalso como *Nota*<sup>209</sup>, sino que es múltiple si tomamos en cuenta el conjunto de las cartas, aunque clara y unívoca en cada una de las cartas, en las que se lleva a cabo un análisis racional y objetivo de un aspecto de la realidad española de la época:

De aquí inferirás que cada nación tiene su carácter, que es un mixto de vicios y virtudes, en el cual los vicios pueden apenas llamarse tales si producen en la realidad algunos buenos efectos; y éstos se ven sólo en los lances prácticos, que suelen ser muy diversos de los que se esperaban por mera especulación.<sup>210</sup>

El hecho de que Cadalso opte por narrar de esta manera poco original, pues era común plantear ensayos de manera epistolar, refleja la necesidad de orden y estructura que sentían los autores apolíneos. Es por ello por lo que la innovación que ellos produzcan no será de forma sino de contenido.

Como una característica clave de este pensamiento es la objetividad y asepsia, para poder presentar una imparcialidad casi más propia de un escrito teórico que de uno literario, Cadalso utiliza a estos extranjeros (aunque Nuño sea español, representa al ilustrado), que muchas veces plantean su punto de vista a través de cuestiones retóricas cuyo objetivo es dar pie a un razonamiento o a una crítica. Por ejemplo, la *Carta LV* empieza con una pregunta seguida de un razonamiento planteado por Nuño

- ¿Para qué quiere el hombre hacer fortuna? -decía Nuño a uno que no piensa en otra cosa- Comprendo que el pobre necesitado anhele a tener con qué comer, y que el que está en mediana constitución aspire a procurarse algunas más conve-

---

208 *Carta I*. Cadalso, J. (2016). *Cartas marruecas*. (p. 59-60) Madrid, España: Alianza Editorial.

209 *Ibíd.* (p. 277)

210 Último párrafo de la *Carta XXIX*. *Ibíd.* (p. 137)

niencias; pero tanto conato y desvelo para adquirir dignidades y empleos, no veo a qué conduzcan. [...]»<sup>211</sup>;

«¿qué ha de hacer, pues, el hombre que lo tiene? Retirarse a donde pueda ser útil sin peligro propio»<sup>212</sup>. La condición de extranjeros de los personajes funciona como pretexto para preguntar a otro; así, Gazel dice a Ben-Beley: «Crean ustedes que en estos casos siente un hombre saber leer y escribir. ¿Qué dirán de nosotros más allá del Pirineo?»<sup>213</sup>,

¿Sabes tú cuántas cosas se necesitan para formar una verdadera idea del país en que se viaja? Bien es verdad que, habiendo hecho varios viajes por Europa, me hallo más capaz, o por mejor decir, con menos obstáculos que otros africanos; pero, aun así, he hallado tanta diferencia entre los europeos que no basta el conocimiento de uno de los países de esta parte del mundo para juzgar de otros estados de la misma.<sup>214</sup>

Por ello podemos apreciar el uso de la primera persona y de la segunda, marcadas en negrita en las citas anteriores. A diferencia del caso dionisiaco, el autor utilizará estas personas verbales si esto beneficia la coherencia del escrito o a la universalización de lo que dice. Contrariamente, veremos que Bécquer lo utiliza como medio para comprometer, embaucar e implicar al lector con su lectura:

Hace mucho tiempo que tenía ganas de escribir cualquier cosa con este título. Hoy, que se me ha presentado ocasión, lo he puesto con letras grandes en la primera cuartilla de papel, y luego he dejado a capricho volar la pluma.<sup>215</sup>

Además, el uso de esas personas será más lírico, estará más asociado a la mujer idealizada y al amor y resaltará la idealización de estos.

—¿Sabes tú lo que más amo en el mundo? ¿Sabes tú por qué daría yo el amor de mi padre, los besos de la que me dio la vida y todo el cariño que pueden atesorar todas las mujeres de la tierra? Por una mirada, por una sola mirada de esos ojos... ¡Mira cómo podré dejar yo de buscarlos!<sup>216</sup>

Para el otro orden, el dionisiaco, «un mundo estructurado de esa forma», caracterizado por la desmesura de la fiesta dionisiaca «se revela-

---

211 *Carta LV*. *Ibíd.* (p. 183)

212 *Carta LXIX*. *Ibíd.* (p. 226)

213 *Carta LVI*. *Ibíd.* (p. 186)

214 *Carta II*. *Ibíd.* (p. 61)

215 *Los ojos verdes*. Bécquer, *óp. cit.* (p. 217)

216 *Los ojos verdes*. *Ibíd.* (p. 217)

ba a la vez en placer y dolor y conocimiento»<sup>217</sup>, es decir, se revelarán estructuras innovadoras que permitan que su imaginación se manifieste. En estos textos, altamente viscerales pues «revelan placer y dolor»<sup>218</sup>, la manifestación de los sentimientos es de gran importancia, por eso decimos que son irracionales. Pero es más que solo manifestarlo: el autor, como es el caso de Bécquer, va más allá y busca conmover al lector, pretende transmitirle sus sensaciones. Para ello, aplica una sensorialidad estética apreciable, por ejemplo, cuando dice: «Intenté dormir de nuevo. ¡Imposible! Una vez agujijoneada, la imaginación es un caballo que se desboca y al que no sirve tirarle de la rienda»<sup>219</sup>. Las metáforas de este tipo, como «agujijoneada» o «caballo» en referencia a la imaginación, permiten que el lector reconozca, visualice y experimente ese momento, y son muy recurrentes.

En contraposición a lo comedido apolíneo tenemos la desmesura. Esta puede entenderse como desinhibición y embriaguez y compararse con los efectos alucinatorios, que hacen sentir euforia al individuo y lo consuelan y lo alejan de la realidad en determinados momentos, al tiempo que le sumergen en un gran pesimismo cuando “pasan sus efectos”. Los dionisiacos tienden al pesimismo, y escriben textos impregnados de sentimientos o alegres y fantásticos, para evadirse, o depresivos y melancólicos, todos ellos muy intimistas, mostrando sus estados de ánimo. La sensorialidad estética antes mencionada es una muestra, así como lo es la gran abundancia de adjetivos estéticos junto con palabras y expresiones de gran carga emocional-sensitiva:

Amaba la soledad, porque en su seno, dando rienda suelta a la imaginación, forjaba un mundo fantástico, habitado por extrañas creaciones, hijas de sus delirios y sus ensueños de poeta, tanto, que nunca le habían satisfecho las formas en que pudiera encerrar sus pensamientos, y nunca los había encerrado al escribirlos<sup>220</sup>

Lo contrario ocurre en las *Cartas marruecas*; no encontramos adjetivos estetizantes, ni tampoco palabras y expresiones de gran carga emocional-sensitiva. Por el contrario, destaca su precisión semántica:

Hoy sí que tengo una extraña observación que comunicarte. Desde la primera vez que desembarqué en Europa, no he

---

217 *La visión dionisiaca del mundo*. Nietzsche, óp. cit. (p. 295-296)

218 *La visión dionisiaca del mundo*. Ibíd. (p. 296)

219 *El monte de las ánimas*. Ibíd. (p. 206)

220 *El rayo de luna*. Ibíd. (p. 249)

observado cosa que me haya sorprendido como la que voy a participar en esta carta.<sup>221</sup>

Ahondando en el concepto de la belleza griega, que constituye el referente de la corriente apolínea, encontramos la luminosidad, que en nuestro caso sería sinónima del «principio básico optimista-apolíneo»<sup>222</sup>. Un claro ejemplo sería el Positivismo realista o la filosofía propia de la Ilustración. En oposición estaría «la caracterización de Dionisio, agente de la locura y expresión de un mundo oscuro en el cual el individuo se pierde en el drama de la existencia»<sup>223</sup>, que se correspondería con el pesimismo antes mencionado.

Parece paradójico que los textos más ricos estilísticamente hablando sean los dionisiacos cuando, como hemos dicho, la belleza se asocia con Apolo y su perfección. Pues bien, la belleza para los dionisiacos es algo íntimo y liberado de la preceptiva, lo que les permite dar rienda suelta a su imaginación y disfrutar de los deleites de la expresión creativa. Contrariamente, la belleza para los apolíneos es estática, está bastante limitada la inventiva del autor, el cual muchas veces está condicionado a reproducir la realidad fielmente.

Esto lleva al autor a realzar la exactitud para que en el lector no haya lugar a dudas. Con este propósito de minuciosidad, Cadalso es capaz de hacer enumeraciones larguísimas:

Oí a un magnate decir que todos los autores eran locos; a otro, que las dedicatorias eran estafas; a otro, que renegaba del que inventó el papel; otro se burlaba de los hombres que se imaginaban saber algo; otro me insinuó que la obra que le sería más aceptada, sería la letra de una tonadilla; otro me dijo que me viera con un criado suyo para tratar esta materia; otro ni me quiso hablar; otro ni me quiso responder; otro ni quiso escucharme; y de resultas de todo esto, tomé la determinación de dedicar el fruto de mis desvelos al mozo que traía el agua a casa.<sup>224</sup>

Los dionisiacos reservan la precisión para apoyar el mensaje que quieren transmitir. No hay más que ver cómo y cuándo utiliza Bécquer la precisión temporal dentro de un día: es relevante a la hora de conmover al individuo si ocurre de día, al alba, en el crepúsculo, en la noche («Des-

---

221 *Carta XVIII*. Cadalso, óp. cit. (p. 110)

222 *La visión dionisiaca del mundo*. Nietzsche, óp. cit. (p. 298)

223 Arcella, óp. cit. (p.7)

224 *Carta VI*. Cadalso, óp. cit. (p. 74)

de entonces dicen que cuando llega la noche de difuntos se oye doblar sola la campana [...]»<sup>225</sup>), ...

«La embriaguez dionisiaca [...] vuelve a juntar a los individuos y los hace sentirse como una sola cosa, de tal modo que el principio de individuación»<sup>226</sup> «queda roto»<sup>227</sup>. Esto es aplicable perfectamente a la literatura: ¿no es cierto que la revolución que se lleva a cabo en el Renacimiento es precisamente la del antropocentrismo, la reivindicación del individuo por sí mismo y la aplicación de este principio, el de individuación, con el que rompen los autores dionisiacos? Los autores apolíneos, tan centrados en el hombre como medida de todas las cosas, defienden lo que podríamos llamar “un humanismo”, y sin duda sí mantienen el principio de individuación. Sin embargo, en apariencia esto se contradice con la idea de objetividad aséptica, ya que el individuo y su visión aportarían parcialidad. En realidad, esta contradicción se puede discernir teniendo en cuenta que se refieren al individuo como paradigma de lo universal. Además, contrario a la impotencia dionisiaca ejemplificada en el destino (tópico romántico) o la Rueda de la Fortuna (tópico medieval), entre otros, el hombre es capaz de decidir.

Como resultado de esta capacidad de decisión y ausencia de creencia en la predestinación, podemos hablar de optimismo apolíneo. En el caso de las *Cartas marruecas*, lo haremos cuando destaquemos que están escritas por un ilustrado que, por lo tanto, cree que «la naturaleza es una máquina perfecta» y que «la historia supone la evolución progresiva de la humanidad, es decir, que el hombre con el transcurso de los siglos se va perfeccionando continuamente»<sup>228</sup>. Esto se refleja en que analiza de manera crítica y razonada la situación de España, país del que tiene un buen concepto (y que trata tema como la variedad de España y sus regiones, la defensa de la acción de España en América, el patriotismo bien y mal entendido, etc.), ya que confía en sus potencialidades de desarrollo: no considera que su atraso (tratado en temas como la mala educación de la nobleza, los vicios sociales, el ansia de adquirir fama, los malos políticos, la persecución sobre los españoles ilustrados, etc.) sea irreversible, y en esto consiste su optimismo ilustrado.

---

225 *El monte de las ánimas*. *Ibíd.* (p. 209)

226 Nietzsche, óp. cit. (p. 286)

227 En otro momento del texto en el que también hace referencia al principio de individuación y Dionisio. *Ibíd.* (p. 282)

228 Características de la Ilustración. RAZÓN, NATURALEZA Y PROGRESO. (s.f.). Recuperado de [http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/BV/S0101/Unidad%202/actividad2.3\\_la\\_ilustracion/caracteristicas\\_de\\_la\\_ilustracion.html](http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/BV/S0101/Unidad%202/actividad2.3_la_ilustracion/caracteristicas_de_la_ilustracion.html)

Por su parte, los dionisiacos piensan que el progreso es imposible, y por esta razón en sus escritos se verá una búsqueda de evasión. Para ello, alejarán las obras de su presente, temporal y/o espacialmente: en el caso de las *Leyendas*, ya el hecho de calificarlas como leyendas las sitúa en épocas pasadas, pero, además, hay algunas que transcurren en espacios exóticos, como la India («El caudillo de las manos rojas»), o que se alejan de la realidad a través de la incorporación de elementos fantásticos y/o misteriosos (en *El monte de las ánimas* aparecen ánimas y la referencia a fuegos fatuos, o en *Rayo de Luna* dice «Creía que en el fondo de las ondas del río, entre los musgos de la fuente y sobre los vapores del lago, vivían unas mujeres misteriosas, hadas, sílfides u ondinas [...]»).

Retomando el principio de individuación, en el caso apolíneo, como ya he mencionado, se aprecia por la manera en que trata a los problemas de España: los analiza, busca su origen y resalta lo comportamientos a cambiar. Implícitamente se puede entender que está en manos del Hombre cambiar su presente. De manera opuesta, como he ido dejando entrever anteriormente, los dionisiacos como Bécquer acudirán a una fuerza externa, generalmente invencible, con distintos nombres (fortuna, destino, azar) y para ello utilizarán su recurso correspondiente, la casualidad:

[...] un día mis ojos se fijaron por casualidad sobre un libro santo. Abrí aquel libro, y en una de sus páginas encontré un gigante grito de constricción verdadera, un salme de David, el que comienza: *Misere mei, Deus!* Desde el instante en que hube leído sus estrofas, mi único pensamiento fue hallar una forma musical tan magnífica, tan sublime, que bastase a contener el grandioso himno de dolor del Rey Profeta.<sup>229</sup>

## Conclusión

Primeramente, seleccioné el género de narrativa corta, que me ha permitido aumentar la muestra a analizar y ha compensado ligeramente el limitado número de libros que la brevedad del estudio me impone. Como los movimientos comprendidos entre la Revolución Francesa y la Revolución Industrial se liberaron de ciertos condicionantes ideológicos como la moralidad católica tradicional, y no llegaron a romper del todo con lo establecido, como sí ocurrirá con las Vanguardias, decidí que las obras deberían pertenecer al Neoclasicismo y al Romanticismo. Por tanto, las obras seleccionadas (*Leyendas* de Gustavo Adolfo Bécquer y *Cartas marruecas* de José Cadalso) para el análisis

---

229 *El Misere*. Bécquer, óp. cit. (p. 282)

respondían a estas exigencias, además de ser representativas de sus respectivos momentos.

En la siguiente tabla presento la síntesis de lo observado:

Dionisiaco ( <i>Leyendas de Bécquer</i> )	Apolíneo ( <i>Cartas marruecas de Cadalso</i> )
Creatividad	Razón
Evasivo	Intelectual y doctrinal
Subjetivo e intimista	Objetivo y aséptico
Futuro predestinado	Principio de individuación
Pesimismo	Optimismo
Riqueza e innovación estilística (en la forma)	Innovación en la temática (en el contenido)
Sensorialidad estética (conmover al lector)	Precisión

Tabla 1: *Tabla comparativa de ambas corrientes de pensamiento.*

Partiendo de la idea de sueño aplicada a cada forma de pensamiento puedo concluir que lo apolíneo, aplicado a *Cartas marruecas* respondiendo al ideal de belleza griego correspondiente a la perspectiva de Winckelmann, es razonado, comedido y limitado, mientras que para los dionisiacos constituye una manera de huir de la realidad por ese rechazo a la existencia propio de ellos. Para esto utilizarán recursos como el alejamiento temporal y/o espacial, así como uso de elementos fantásticos. Contraponiéndose a la medida sus alternos, estos últimos se liberarán de la preceptiva, lo que les permite ser más creativos y experimentar con la palabra, por lo que las metáforas y otros juegos y recursos abundan en sus obras. Mientras los apolíneos tienen su carácter intelectualizado y doctrinal, los dionisiacos el evasivo y estético, representado en una sensorialidad estética, una mayor riqueza estilística.

Esto también se debe en parte a la finalidad de cada uno. Mientras los apolíneos, dominados por el principio de individualidad y un cierto optimismo, buscan mejorar su mundo, los dionisiacos buscan evadirse ellos y al resto. Por ello, estos últimos serán más subjetivos e intimistas, manera que tienen de conmover al lector alejándolo de la realidad de su existencia. Por lo tanto, podemos concluir que una mentalidad apolínea es en cierto modo optimista, mientras que la dionisiaca es pesimista. Este hecho se ve reflejado en la idea de predestinación o futuro prefijado que manejan los dionisiacos tan a menudo, contra lo que suelen luchar y perder los héroes románticos (que no son ejemplares como los relativos a corrientes apolíneas), lo que les genera tanta impotencia.

Aunque estas dos obras darían lugar a un análisis mucho más profundo y detallado, tras esta primera aproximación, necesariamente limitada, podemos confirmar la tesis inicial: la clasificación que hace Nietzsche es aplicable al Neoclasicismo y al Romanticismo.

## **Futuras investigaciones y propuestas de mejora**

Lo pequeño de la muestra abre las puertas a nuevas investigaciones para mejorar la fiabilidad de los resultados, ampliando la muestra con obras del Romanticismo y el Neoclasicismo, para aumentar los periodos a los que es aplicable, incluyendo textos del Renacimiento, Barroco y Realismo, y para llevarlo a otros géneros, incluyendo composiciones líricas o teatrales.

Pero la pregunta más interesante que creo que nos abre esta línea de investigación sería: ¿hasta qué punto y cómo se puede aplicar la dualidad nietzscheana a la literatura posterior al siglo XIX? Esto no deja de ser un modo de separar los distintos movimientos, por lo tanto, podría ser una herramienta útil para determinar la duración de estos de manera más objetiva. Aunque puede que la predicción de Feuerbach de que «no es de extrañar que [...] acaben fundiéndose en un todo inseparable»<sup>230</sup> se cumpla a partir de ese momento.

## **Bibliografía**

### **Libros**

- Nietzsche, F., & Sánchez Pascual, A. (2015). *El nacimiento de la tragedia o Grecia y el pesimismo*. Madrid: Alianza Editorial.
- Cadalso, J. (2016). *Cartas marruecas*. Madrid, España: Alianza Editorial.
- Bécquer, G. A. (2017). *Leyendas*. Madrid, España: Ediciones Cátedra.

### **Textos académicos**

- Arcella, L. (2013). *Praxis Filosófica Nueva serie*, No. 37, julio-diciembre 2013: 95 - 125 ISSN: 0120-4688 APOLO Y DIONISOS: LA MÚSICA DE LOS DIOSES. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/pafi/n37/n37a05.pdf>

---

230 *El drama musical griego*. *Ibid.* (p. 241)

### **Páginas web y PDFs**

- Lo apolíneo y lo dionisiaco. E-ducative.catedu.es. Recuperado en enero 2018 de [http://e-ducative.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3750/3998/html/3\\_lo\\_apolneo\\_y\\_lo\\_dionisaco.html](http://e-ducative.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3750/3998/html/3_lo_apolneo_y_lo_dionisaco.html)
- Real Academia Española. (2015, 2 marzo). Cartas marruecas. Recuperado de <http://www.rae.es/cartas-marruecas>
- LOS TEXTOS ENSAYÍSTICOS [(PDF)]. (2009). Recuperado de <https://lenguamairena.files.wordpress.com/2009/11/los-textos-ensayisticos.pdf>