# INVESTIGACION

## CULTURA CIENCIA Y TECNOLOGIA

VOLUMEN 8

Nº 16

2016

MEDICINA.FISICA.FARMACOLOGIA.BIOLOGIA.PSIQUIATRIA.BIOLOGIAMARINA.EMPRESA.DERECHO.ECONOMIA.BELLASARTES

# INVESTIGACION


Director

José Luis Vázquez Lopéz
investigacion@galicia.com
C/ Oporto, 1-3º
36201 Vigo

Consejo de Redacción

Francisco Javier Rodríguez Berrocal
Almudena Fernández Briera
José Luis Vázquez Lopéz

Dirección Creativa

María del Mar Vázquez Jiménez
mariadelmarvj@gmail.com

ISSN: 1889 - 4399
DEPÓSITO LEGAL:
VG - 347 -2009

Dep. Administración y Divulgación

Raquel María Vázquez

Revista adscrita al

INSTITUTO DE CULTURA, CIENCIA
Y TECNOLOGÍA (ICCT)

Patrocina

XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE ECONOMÍA
EMPREGO E INDUSTRIA

gain

ICCT
INSTITUTO CULTURA CIENCIA Y TECNOLOGIA



Queda prohibida la reproducción total o parcial de cualquiera de los contenidos de esta publicación, sin citar la procedencia. La revista "Investigación" no se hace responsable, ni se identifica con artículos, ni opiniones que publican sus autores y colaboladores.


LOS INVESTIGADORES DE INSTITUCIONES, EMPRESAS Y UNIVERSIDADES QUE QUIERAN REMITIR ARTICULOS, PREVIAMENTE DEBERAN CONTACTAR CON LA REVISTA; PARA RECIBIR INSTRUCCIONES.
investigacion@galicia.com (Departamento de Redacción)

# índice

# SUMARIO

VOLUMEN 8 Nº 16 2016


6 .- Editorial

BIOTECNOLOGÍA MARINA. EL CRECIMIENTO AZUL EUROPEO EN GALICIA

Antonio Figueras

Director Instituto Investigaciones Marinas CSIC

Ex Vicepresidente del CSIC

8 - Bioquímica y biología molecular.

METALOPROTEINASAS DE SUERO HUMANO: SEPARACIÓN BIOQUÍMICA DE ISOFORMAS DE LA METALOPROTEINASA 9.-

Leticia Barcia Castro; Elena Neira Goyanes; María Páez de la Cadena Tortosa

Departamento Bioloquímica, Genética e Inmunología. Facultad de Biologia. Univ.Vigo.

14 . - Viticultura

SUSCEPTIBILIDAD A OIDIO DE ANTIGUAS VARIEDADES DE VID CULTIVADAS EN EL NOROESTE Y NORTE DE ESPAÑA

Boso S.; Gago P.; Alonso-Villaverde V.; Santiago J.L.; Martínez M.C;

Misión Biológica de Galicia (CSIC)

18 .- Ingeniería - Tecnología

CYCLOPE. SISTEMA TECNOLÓGICO PARA MEJORAR LA SEGURIDAD VIAL DE BICICLETAS Y CICLOMOTORES

Nelson Reboreda, José M. Lago; Darío Tilves; Marta Añón; Adolfo del Sel; José L. Rodríguez; Juan M. Santos.

Escuela de Ingeniería de Telecomunicación. Universidad de Vigo

27 .- Parasitología - Epidemiología.

ESTUDIO DE EPIZOOTIAS Y ZOONOSIS EN EXPLOTACIONES DE BOBINOS

Lucía Mato López; Raúl Iglesias Blanco; Cristina Arias Fernández; Noelia Novoa López

Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud. Facultad de Biología de la Universidad de Vigo

32 .- Ciencias del Mar

ECIMAC, 10 AÑOS DE VOCACIÓN MARINA CON LA INVESTIGACIÓN. UNA BREVE HISTORIA DE LA ESTACIÓN DE CIENCIAS MARINAS DE TORALLA DE LA UNIVERSIDAD DE VIGO.

Antonio Villanueva(1), Jesús S. Troncoso(2)

(1). Responsable de la Unidad de Calidad Ambiental de ECIMAT

(2). Catedrático de la Universidad de área de Zoología. Director de ECIMAT

38 - Talasoterapia

TECNOLOGÍAS EN CENTROS TALASO

Carmen Paula Gómez; Mª Lourdes Mourelle; José Luis Legido

Departamento de Física Aplicada. Facultad de Ciencias. Universidad de Vigo.

45 . - Economía

MODELACIÓN FRACTAL CON SIERPINSKY PARA LA COLOCACIÓN DE PRODUCTOS FINANCIEROS.

María Ramos-Escamilla(1); Janeth Pouget, Pedro Muñoz, Antonio Hernández(2)

(1). Instituto Tecnológico de Pachuca. Departamento de Posgrado e Investigación. Miembro del SNI-N1. México

(2).Universidad Tecnológica de México. Departamento de Administración de Negocios. México

50 .- Filosofía del Derecho

LA TEORIA PURA DEL DERECHO Y DEL ESTADO DE LA ESCUELA DE VIENA

José María Franco García

M. Sc., Ph. D. (Universidad de Wisconsin)

Doctor en Derecho

56 - Estadística.

EL RIESGO IMPORTA

Francisco Tugores Martorell(1), Laia Francina Tugores Blanco(2)

(1). Universidad de Vigo. Facultad de Ciencias. Campus de Ourense

(2). Colegio María Auxiliadora. Salesianos Ourense

61 .- Derecho Romano

FUNDACIONES ALIMENTARIAS DE LA CIVILIZACIÓN ROMANA CLÁSICA

Guillermo Suárez Blázquez

Catedrático Acreditado de Derecho Romano. Universidad de Vigo

editorial

## BIOTECNOLOGÍA MARINA, EL CRECIMIENTO AZUL EUROPEO EN GALICIA

Los océanos constituyen más de las dos terceras partes de nuestro planeta. Lógicamente son fuente de muchos recursos, entre ellos alimento. Alrededor de un 35% de los productos pesqueros que se consumen en el mundo proceden de la acuicultura y este porcentaje sigue incrementándose paulatinamente. El 70% de los caladeros internacionales se encuentra en estado de sobreexplotación y el nivel de capturas actual procedente de las actividades pesqueras ha llegado prácticamente al máximo que puede alcanzarse. La producción acuícola española la lidera Galicia, con una producción anual cercana a las 210.000 toneladas, y que constituye la mayor parte de la producción total de la acuicultura española, cifrada en torno a las 270.000 toneladas. La biotecnología podría ayudar a conseguir una producción económicamente rentable de animales sanos con un impacto ambiental limitado.
La biotecnología consiste en aprovechar todo lo que tienen los seres vivos en nuestro beneficio y no solo en la producción de animales para el consumo. Por esto, la biotecnología marina incluye además de la producción de alimento mediante el cultivo de organismos marinos, el aprovechamiento de los recursos de nuestros mares como fuente de productos naturales o incluso como energías alternativas.

La naturaleza guarda miles de secretos para el desarrollo de nuevos tipos de analgésicos y métodos desconocidos para la recuperación de tejidos y órganos perdidos. En el mundo marino tenemos múltiples ejemplos de la utilidad de diversas especies para usos biomédicos u otras aplicaciones tecnológicas, de hecho, hoy en día existen ya casos de comercialización de distintas sustancias a partir de especies marinas.

En animales tan próximos a nosotros como sonlos mejillones, se ha descubierto una nueva clase de péptidos antimicrobianos, con actividades antivirales y antibacterianas, llamada myticina C. Los péptidos antimicrobianos son pequeñas moléculas, presentes en la gran mayoría de organismos, que actúan como antibióticos naturales ante determinadas enfermedades. Forman parte del sistema inmunitario innato, que se encarga de defender al organismo de todo lo que éste no reconoce como propio.

Es sorprendente la capacidad que tiene el mejillón para adherirse a cualquier superficie y para aguantar varias veces su peso. Los mejillones son capaces de viajar adheridos a cascos de barcos a gran velocidad y no caerse. Las proteínas adhesivas presentes en el pegamento natural que los mejillones secretan para adherirse a las rocas y entre sí llamó la atención de investigadores financiados por el National Institute of Health de Estados Unidos

y la NASA. Su aplicación en cirugía permite que los tiempos de recuperación sean más pequeños, y que las cicatrices sean menos visibles. Aunque la sustancia se comercializa, su uso no ha llegado aún a la experimentación clínica. Aún es necesario averiguar la composición correcta para la aplicación en humanos por lo que algunos grupos científicos están buscando versiones sintéticas de ese pegamento.

Los peces cebra son vertebrados, como los ratones, y por lo tanto más cercano a los seres humanos que las moscas o los gusanos (zfish.uoregon.edu). Sin embargo, a diferencia de los ratones, los peces cebra son muy baratos de criar y mantener. Un pez cebra hembra normalmente produce centenares de óvulos en una sola puesta. Estos óvulos se fertilizan fácilmente. Los embriones resultantes, que son translúcidos, crecen fuera del cuerpo de la madre, así que se puede observar a los mutantes en cada etapa del desarrollo. Durante los primeros 7 días de vida es totalmente transparente. Por otra parte es relativamente sencillo preparar animales transgénicos.

Estas características del pez cebra, su similitud genética con los humanos y a su capacidad para regenerar tejidos dañados, lo convierten en un modelo óptimo para el estudio de la respuesta inmune en especies de interés en la acuicultura y como modelo en distintos aspectos de biomedicina para estudiar enfermedades en el ser humano, como la leucemia y el melanoma.

España es el principal productor europeo de rodaballo de acuicultura y el 99% de esta producción tiene lugar en Galicia. Según un informe de la Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos, la producción de rodaballo en Europa alcanzó las 11.000 toneladas en 2014, un 38,3% más alta que en 2013. Ese mismo año, el valor estimado de la producción en Europa fue de 75,6 millones de euros.

El primer vertebrado secuenciado genéticamente en España, el rodaballo (Scopththalmus maximus), tiene un sistema visual mucho más refinado que el de otros peces, ya que ha evolucionado para adaptarse a la escasez de luz de los fondos marinos. Además, sus genes hablan de la grasa de sus membranas celulares, que también duplica a la de otras especies para poder soportar las bajas temperaturas de las aguas donde vive.

La secuenciación completa del genoma de este pez, llevada a cabo por científicos del Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC) de Vigo, la Universidad de Santiago de Compostela y el Centro Nacional de Análisis Genómico de Barcelona, ha sacado ahora a la luz esta y otras conclusiones. El trabajo abre nuevas puertas a investigar, no solo la resistencia del rodaballo a distintas enfermedades, sino también a profundizar en cómo otros peces responden a estas patologías. Esto confirma que en Galicia se está llevando a cabo investigación "básica" y "aplicada" de alcance internacional pero con ráices locales.
La apuesta por la biotecnología marina es uno de los grandes desafíos pendientes de la investigación en Galicia. La estrategia de especialización inteligente (RIS3) y la de Blue Growth de la Unión Europa es una estupenda oportunidad para unir el potencial investigador de las universidades, los centros de investigación públicos y las empresas para avanzar decididamente en esta dirección. No olvidemos que la Unión Europea estima que la economía azul representa 5,4 millones de puestos de trabajo y un valor añadido bruto de casi 500.000 millones de euros al año. Pocas son las autonomías en España que reúnen las potencialidades de Galicia en esta actividad científica e industrial.

Desde luego nos queda mucho por investigar... A ver si el mar, además de servir de basurero y de despensa (mientras dure la Pesca y la Acuicultura), nos guarda sorpresas en la lucha contra el cáncer y otras enfermedades que tanto nos preocupan. Para esto sirve la Ciencia.

Antonio Figueras
Profesor Investigación CSIC
Director Investigaciones Marinas
CSIC. Ex Vicepresidente del CSIC

# METALOPROTEINASAS DE SUERO HUMANO: CÉNTRICAS: SEPARACIÓN BIOQUÍMICA DE ISOFORMAS DE LA METALOPROTEINASA 9

Leticia Barcia Castro; Elena Neira Goyanes; María Páez de la Cadena Tortosa
Departamento de Bioquímica, Genética e Inmunología.Facultad de Biollogía, Universidad de Vigo

## 1. INTRODUCCIÓN

La matriz extracelular (MEC) está formada por diversos componentes entre los que se encuentran proteoglicanos, glucosaminoglicanos, proteínas estructurales (colágeno y elastina) y proteínas de adhesión (fibronectina y laminina).

Las metaloproteinasas de matriz o metaloproteasas (Metaloproteinasas) constituyen una familia de endopeptidasas, activadas por calcio y dependientes de zinc, producidas por las células del estroma incluyendo entre ellas los fibroblastos y las células inflamatorias infiltradas. Estas enzimas catalizan la degradación de los componentes de la matriz extracelular y activan, además, factores de crecimiento y citoquinas. Debido a su actividad proteolítica, participan en procesos como la angiogénesis, la invasión celular o la metástasis tumoral (Nagase et al., 2006).

### Estructura y clasificación de las Metaloproteinasas

Las metaloproteinasas son endopeptidasas extracelulares o unidas a la membrana con diferentes dominios estructurales y funcionales (Cascales y Álvarez-Gómez, 2010; Rossano*et al.*, 2013). Su estructura básica (Figura 1) presenta una serie de dominios característicos:

- Predominio o Dominio Péptido Señal: Situado en el extremo aminoterminal. Determina si la proteína va a ser secretada o anclada a la membrana. Se elimina tras la secreción y está ausente en la forma madura.
- Prodominio o Dominio Propéptido: Contiene una cisteína conservada que mantiene la enzima en estado latente. Esta cisteína interactúa con el dominio catalítico. Cuando este dominio se procesa la enzima se activa.
- Dominio Catalítico: Situado en posición carboxiterminal. Contiene la región altamente conservada de unión de dos iones de zinc, uno de ellos con función estructural y el otro con actividad catalítica. En esta región se determina la especificidad hacia los diferentes sustratos.

Algunas metaloproteinasas pueden tener, además de la estructura básica, otros dominios o regiones:

- Dominio Transmembrana: Típico de lasMMP-14, -15, -16 y -24, conocidas como MMP de membrana.
- Dominios Fibronectina tipo II: Típico de MMP-9 y MMP-2. Necesarios para la unión y escisión de colágeno y elastina.
- Dominio tipo Hemopexina o PEX: Típico de todas las Metaloproteinasas excepto MMP-7,-23 y -26. Mediador de la especificidad del sustrato y de las interacciones con inhibidores endógenos.
- Región hidrofóbica que actúa como señal de anclaje a membrana de tipo GPI. Típico de MMP-17 y -25.

Las metaloproteinasas se agrupan en función de la organización de los dominios que presenten y de la preferencia que tengan por los sustratos. Existen, al menos, 25 tipos de metaloproteinasas en humanos, siendo los principales los de las colagenasas, gelatinasas, estromelisinas y metaloproteinasas de membrana. En la tabla 1 se especifican los sustratos de los distintos tipos de metaloproteinasas.

Existe otra familia de metaloproteinasas conocidas como ADAM (*desintegrin and metaloproteinase*), que presentan la particularidad de estar unidas a una molécula de desintegrina. Son proteínas

de membrana con una organización compleja de dominios, que se han asociado con procesos de espermatogénesis, neurogénesis, migración de células tumorales, liberación de citoquinas y factores de crecimiento unidos a la membrana celular, como elfactor de crecimiento transformante alfa y el factor de crecimiento epidérmico (Cascales y Álvarez-Gómez, 2010).

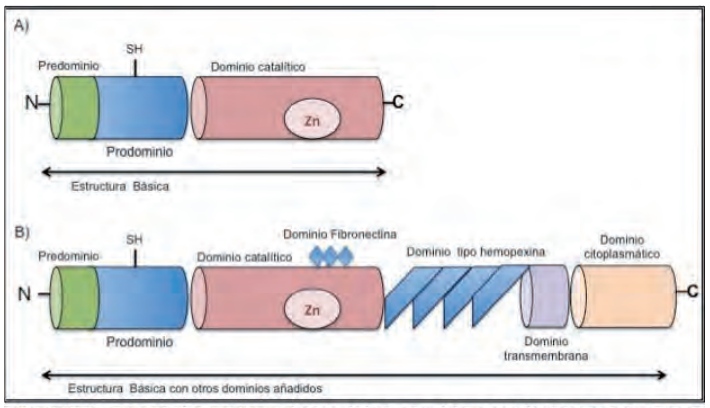



**Figura 1**. Estructura de las metaloproteinasas. A) Estructura básica con dominios característicos: predominio-prodominio-dominio catalítico. B) Estructura básica con otros dominios añadidos. Estos dominios variarán en función del tipo de MMP.

Tabla 1. Clasificación de las metaloproteinasas humanas y el sustrato que degradan.

| Enzima | MMP | Sustrato |
|---|---|---|
| Colagenasas | MMP-1 | Colágenos I, II, III, VII, VIII y X, proteoglicanos, MMP-2, MMP-9 |
| | MMP-8 | Colágenos I, II, III, V, VII, VIII y X, gelatina, proteoglicanos |
| | MMP-13 | Colágenos I, II, III y IV, gelatina, proteoglicanos, PAI-2 (inhibidor del activador del plasminógeno) |
| Gelatinasas | MMP-2 | Gelatina, colágenos I, IV, V, VII, X, XI y XIV, elastina |
| | MMP-9 | Gelatina, colágenos IV, V, VII y X, elastina |
| Estromelisinas | MMP-3 | Colágenos III, IV, IX y X, gelatina, MMP-1, MMP-8, MMP-9 |
| | MMP-10 | Colágenos III, IV y V, gelatina, caseína, MMP-1 y MMP-8 |
| | MMP-11 | Desconocido |
| Matrilisinas | MMP-7 | Colágenos IV y X, gelatina, fibronectina, laminina |
| | MMP-26 | Colágeno IV, fibronectina, fibrinógeno |
| Metaloelastasas | MMP-12 | Elastina, colágeno IV, gelatina, fibronectina |
| | MMP-19 | Desconocido |
| MMP de membrana | MMP-14 | Colágenos I, II y III, gelatina, MMP-2 y MMP-13 |
| | MMP-15 | MMP-2, gelatina |
| | MMP-16 | MMP-2 |
| | MMP-17 | Desconocido |
| | MMP-24 | Desconocido |
| | MMP-25 | Desconocido |
| Otras | MMP-20, MMP-21 MMP-22, MMP-23 MMP-27, MMP-28 | Desconocido |

(Modificado de Cadiñanos et al., 2001)

## Inhibidores de metaloproteinasas

Debido a sus variadas funciones biológicas, es necesario que estas enzimas estén reguladas en múltiples niveles, de forma que se expresen y sean activas en el tipo celular, momento y lugar adecuados. La actividad de las metaloproteinasas está controlada mediante regulación transcripcional, regulación por activación proteolítica y por moléculas endógenas capaces de inhibir su acción: los inhibidores de metaloproteinasas (Iniesta et al., 2007).

Dentro de los inhibidores de las metaloproteinasas diferenciamos los inhibidores endógenos naturales como la alfa-2-macroglobulina, principal inhibidor irreversible en el plasma y fluido tisular y los Inhibidores tisulares (TIMPs). Los TIMPS son inhibidores específicos de tejidos que inactivan las metaloproteinasas al unirse de manera directa y reversible al dominio catalítico. Hasta el momento se han identificado cuatro en mamíferos (de TIMP1 a 4) TIMP-1 y TIMP-2 son capaces de inhibir un amplio espectro de metaloproteinasas, aunque con diferente efectividad dependiendo del tipo de proteasa que sea, mientras que la especificidad de TIMP-3 y TIMP-4 es más restringida (Brew et al., 2000). Las funciones de cada uno de los TIMPs son diferentes a pesar de que presentan cierta similitud estructural entre ellos. En relación con la regulación de la apoptosis, por ejemplo, TIMP-1 y TIMP-2 la inhiben, así como TIMP-3 la favorece (Nagase et al., 2006).

## Activación de las metaloproteinasas

Las metaloproteinasas de la matriz se sintetizan como zimógenos inactivos debido a que el prodominio enmascara el sitio activo al prevenir la hidratación del ión zinc. Para su activación enzimática es necesaria la ruptura del enlace cisteína-zinc mediante un cambio conformacional de la proteína producido por compuestos químicos, detergentes o especies reactivas de oxígeno o por la proteolisis del propéptido por plasmina u otras metaloproteinasas.

El mecanismo de activación se conoce como activación por etapas (*Stepwiseactivationmechanism)*. Inicialmente, estas enzimas se originan como pre-proenzimas, siendo el péptido señal el primer fragmento en ser eliminado, que se pierde durante la traducción obteniendo las pro-metaloproteinasas.

Posteriormente, otras proteinasas atacan al dominio propéptido y rompen la unión de la cisteína con el ión zinc. Esta ruptura solo ataca a una región del propéptido. Será un intermediario de las metaloproteinasas u otra MMP activa los que permiten la eliminación total del propéptido y, por lo tanto, la activación de las metaloproteinasas (Visse and Nagase, 2003).

## Gelatinasas

La característica específica de las gelatinasas y que las diferencia de otras metaloproteinasas, es la región con tres dominios fibronectina tipo II capaces de unir gelatina, laminina y colágeno tipo I, II, III, IV y V. Dentro de este grupo de metaloproteinasas se encuentran la MMP-2 (gelatinasa A) y la MMP-9 (gelatinasa B) que se encargan de digerir el colágeno I desnaturalizado, es decir, la gelatina (gelatinolisis). Promueven, además, la hidrólisis de los colágenos tipo IV (mayor componente de la membrana) tipo V y de la elastina (Toth y Fridman, 2001).

Su actividad está regulada por inhibidores, siendo TIMP-1 el que controla la actividad de MMP-9, y TIMP-2 el que lo hace sobre la MMP-2 (Brew et al., 2000).

La MMP-2 es la más ubicua de las metaloproteinasas y se expresa constitutivamente en la mayoría de las células incluyendo las endoteliales y las epiteliales. La MMP-9 es producida por las células inflamatorias y es estimulada por las células del tejido conectivo (Iniesta et al., 2007)

## Las metaloproteinasas y el cáncer

La transformación de la ECM por parte de las metaloproteinasas es fundamental para la creación de un microambiente favorable para el crecimiento del tumor (malignización) y para la aparición de diferentes enfermedades. Esto se debe a que la ECM tiene un papel muy importante en el soporte estructural, señalización celular y respuesta a factores de crecimiento, mientras que las metaloproteinasas, mediante su acción degradativa, provocan alteraciones en las uniones célula-ECM y célula-célula, en la liberación, activación o desactivación de moléculas señalizadoras autocrinas o paracrinas y en la activación o inactivación de los receptores de la superficie celular (Cascales y Álvarez-Gómez, 2010).

Son las gelatinasas, las que parecen, junto con dos colagenasas y dos estromelisinas, estar más involucradas en el proceso de desarrollo tumoral (Toth y Fridman, 2001). En concreto, la gelatinasa B, o MMP-9, interviene en los procesos de migración e invasión tumoral al ser capaz de liberar factores de la ECM, como VEGF y TGF- β, al medio extracelular, promoviendo la angiogénesis y el crecimiento tumoral. Son las responsables de la degradación del colágeno tipo IV, y esto las relaciona con la agresividad del tumor y el potencial metastásico (Öncel et al., 2013).

La extensa implicación de las metaloproteinasas en la formación de tumores hace de ellas potenciales biomarcadores ya que, en muchos tejidos cancerosos, se detecta una elevada expresión y activación de las metaloproteinasas.En pacientes con cáncer de pulmón, se han encontrado altos niveles de varios miembros de esta familia, como la MMP-9, lo que plantea la posibilidad de que tengan una utilidad diagnóstica, además del valor pronóstico que ha sido más estudiado. Por ello, las metaloproteinasas pueden utilizarse como marcadores tumorales utilizando la información de sus niveles en pacientes oncológicos.

## Detección de metaloproteinasa 9 en suero humano

La detección de los niveles proteicos de MMP-9 en suero humano se realiza habitualmente mediante métodos inmunoenzimáticos utilizando anticuerpos específicos. Sin embargo, para estudiar la actividad gelatinolítica, se emplean ensayos de zimografía. La zimografía es un método electroforético basado en el uso de geles de poliacrilamida copolimerizados con gelatina soluble que actuará como sustrato. Como resultado final, en la zona donde se ubican metaloproteasas, la gelatina será degradada. Mediante esta técnica detectamos metaloproteinasas tanto en forma latente como en forma activa (Iniesta et al., 2007). En concreto, se detectan, al menos, cuatro isoformas de MMP-9: MMP-9 multimérica (260 kDa), complejo N-GAL-MMP-9 (130 kDa), proMMP-9 (92 kDa) y MMP-9 (82 kDa), y dos isoformas de MMP-2: MMP-2( 67 kDa) y proMMP-2 (72 kDa) (Rossano et al., 2013).

El inconveniente de la zimografía es que se analizan ambas enzimas (MMP-9 y MMP-2) de forma conjunta, de manera que en un mismo gel una isoforma de una MMP podría enmascarar a otras isoformas. Esto impide determinar la importancia que puedan tener en distintas patologías cada una de ellas de forma independiente.

Teniendo en cuenta que la MMP-9, a diferencia de la MMP-2, posee en su estructura un dominio de colágeno tipo IV muy glicosilado (Kotra et al., 2002) y, basándonos en las características bioquímicas de las gelatinasas, en este trabajo hemos llevado a cabo la separación de las metaloproteinasas 2 y 9 de suero humano mediante cromatografía de afinidad, para posteriormente identificar las isoformas de la metaloproteinasa 9 mediante zimografía.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Muestras

La obtención de muestras de sangre de los donantes se realizó en el Centro de Transfusión de Galicia siguiendo el protocolo aprobado por el Comité Gallego para la investigación clínica (2007/179), la Ley de protección de datos 15/1999, y el Real Decreto 1720/2007. La sangre periférica se recogió en tubos estériles que contenían heparina y gelosa que fueron centrifugados a 3.000 rpm durante 15 minutos para obtener el suero.

Se seleccionaron un total de 7 sueros de donantes que se mezclaron para conseguir un pool de donantes, que se conservó en alícuotas a -20ºC hasta el momento de realizar los ensayos.

### 2.2. Cuantificación de proteínas

Se cuantificó la cantidad de proteínas en suero humano empleando el método de Biuret (Gornall et al., 1949), basado en la formación de un complejo coloreado entre el Cu+2 y los grupos NH de los enlaces peptídicos en medio básico. Esta coloración es medible en el espectrofotómetro a 545 nm, y su intensidad es proporcional a la cantidad de proteínas (enlaces peptídicos) que tenemos en la muestra valorada. La determinación de la concentración proteica de las fracciones cromatográficas se llevó a cabo mediante el método de Bradford (Bradford, 1976). Este método consiste en el empleo de una disolución de azul brillante de Coomassie G-250, que se une a la proteína, produciendo una coloración medible en el espectrofotómetro a 595 nm y, al igual que en el caso anterior, su intensidad es proporcional a la cantidad de proteínas que tenemos en la muestra valorada. En ambos casos es necesaria la realización de una recta patrón, para la cual se emplea una disolución de seroalbúmina bovina.

### 2.3. Cromatografía de afinidad a través de concanavalina A sefarosa

El suero humano se hace pasar por una cromatografía de afinidad a través de concanavalina A sefarosa, que nos permite separar las N-glicoproteínas, de las que no lo son. Este método se basa en la formación de una matriz de Con A, en una mini columna (minispincolumnBio-Rad), que retiene las proteínas N-glicosiladas y permite eluir las que no lo están. Esto se debe a que la concanavalina A es una lectina que tiene una alta afinidad por las N-glicoproteínas de modo que al pasar el suero por la matriz, estas proteínas se unen a la lectina y el resto quedarán libres. Para eluir las N-glicoproteínas se hace pasar a través de la columna alfa-metil-manopiranósido 0,5 M, que compite con las glicoproteínas unidas a la lectina y las libera.

### 2.4. Electroforesis monodimensional en geles de poliacrilamida (SDS-PAGE)

Las proteínas presentes en los extractos proteicos se separaron mediante electroforesis monodimensional en geles de poliacrilamida (PAGE). La separación se llevó a cabo en condiciones desnaturalizantes debido a la presencia de dodecil sulfato sódico (SDS) siguiendo el método descrito por Laemmli (1970).

### 2.5. Zimografía

Se llevó a cabo en geles monodimensionales de poliacrilamida al 10% copolimerizados con gelatina al 1%(p/v). Se cargaron 20 ug de proteína resuspendidas en tampón de carga sin beta-mercaptoetanol. Las proteínas analizadas se renaturalizaron con 50 mM Tris, 2,5% Tritón X-100 (v/v) y, posteriormente, se incubaron en tampón de activación (50mM Tris, 150mM NaCl y 10mM $CaCl_2$ a pH 7,6). La tinción se realizó con azul de Coomassie 0,5% (p/v). Para desteñir los geles se realizaron lavados con 33% metanol (v/v), 10% de acético (v/v). Finalmente, las zonas de actividad se observaron como bandas claras sobre fondo oscuro.

### 2.6. Análisis de imágenes

Los geles obtenidos en la electroforesis y en la zimografía fueron escaneados con luz UV empleando eltransiluminador*ChemiDoc™ XRS+* de*Bio-Rad*. Las imágenes capturadas fueron analizadas empleando el programa informático *ImageLab* versión 5.2.1 (*Bio-Rad*).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Separación de las gelatinasas MMP-2 y MMP-9 presentes en el suero humano mediante una cromatografía de afinidad a través de concanavalina A sefarosa

Para separar las gelatinasas MMP-2 y MMP-9, se hizo pasar el pool de sueros a través de una columna de cromatografía de afinidad de concanavalina A sefarosa. Las fracciones obtenidas en las diferentes eluciones de la columna se han denominado F.I, cuando la elución se realizó con solución de equilibrado y F.II, cuando la elución se llevó a cabo con una solución que contenía el competidor alfa-metilmanopiranósido.La lectinaconcanavalina A reconoce específicamente N-glicoproteínas con alto contenido en manosa de modo que las fracciones F.I contienenlas proteínas no fijadas a la lectina, es decir, las O-glicoproteínas y las proteínas no glicosiladas, mientras que lasfracciones F.IIcorresponden a las proteínas N-glicosiladas.

Una vez obtenidas todas las fracciones, se cuantificó la cantidad de proteína presente empleando el método de Bradford (Bradford, 1976) descrito en el apartado 2.2.y en la figura 2 se puede observar el perfil cromatográfico obtenido.

La metaloproteinasa MMP-9 es una N-glicoproteína en la que se han identificado tres sitios potenciales para sufrir la N-glicosilación, mientras que MMP-2 es una proteína no glicosilada (Kotra et al., 2002). Por lo tanto, esta cromatografía permite la separación de estas gelatinasas, ya que MMP-2 no se fija a la lectina y se eluye en las fracciones F.I, mientras que la lectina reconoce específcamente los restos de manosa de la metaloproteinasa MMP-9, que solo se eluirá cuando se añade el competidor, es decir, en las fracciones F.2.

Como se observa en la Figura 2, la cantidad de proteínas va disminuyendo a medida que se van realizando los sucesivos lavados de la columna. Tanto en el caso de fracciones F.1 como F.2, se observa como en las últimas fracciones prácticamente no quedan proteínas en la columna, lo que permite verificar que se han extraído por completo las proteínas de interés.

**Figura 2**. Separación de N-glicoproteínas de suero humano mediante una cromatografía de afinidad con Con A sefarosa. En ordenadas se representan los microgramos de cada una de las fracciones. En abscisas se representan las fracciones recogidas cuando se eluye con solución de equilibrado (F.I) y las recogidas cuando se eluye con solución de elución con el competidor (F.II).

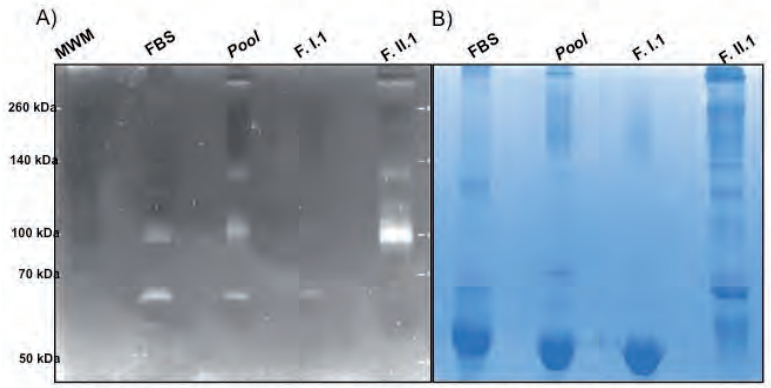



**Figura 3.** Separación de N-glicoproteínas de suero humano mediante una cromatografía de afinidad con Con A sefarosa. En ordenadas se representan los microgramos de cada una de las fracciones. En abscisas se representan las fracciones recogidas cuando se eluye con solución de equilibrado (F.I) y las recogidas cuando se eluye con solución de elución con el competidor (F.II).

Para corroborar estos resultados se realizó una electroforesis en geles de poliacrilamida (SDS-PAGE) siguiendo el método descrito en el apartado 2.4., confirmando que las mayores cantidades de proteína se encuentran en los primeros lavados (datos no mostrados).

## 3.2. Zimografía monodimensional

Para detectar las isoformas de las metaloproteinasas MMP-2 y MMP-9, una vez separadas por cromatografía, se realizó una zimografía que permite la detección de la actividad gelatinolítica de estas enzimas. Para realizar elzimogramase siguió el protocolo descrito en el apartado 25. Este es un método simple pero muy útil para detectar enzimas proteolíticas cuyo sustrato es la gelatina ya que, al emplear geles copolimerizados con este compuesto, en aquellas áreas donde la enzima esté presente, se degradará la gelatina apareciendo una franja blanquecina (área lítica) sobre un fondo oscuro.

Los resultados del zimogramase muestran en la Figura 3, donde puede compararse el perfil gelatinolítico del pool de sueros de donantes (muestra inicial, sin someter a cromatografía de afinidad), frente al perfil correspondiente a las fracciones F.I.1 y F.II.1, obtenidas tras la cromatografía (A). En la misma figura (B), se muestra el mismo gel teñido con azul de Coomassie, empleado como control de carga. En este gel puede observarse una banda de alrededor 60 kDa muy intensa que corresponde a la proteína albúmina muy abundante en suero humano. Gracias a que el marcador molecular nos permite seguir la separación electroforética, se pudo dejar correr los geles el tiempo suficiente para que la banda correspondiente a la albúmina llegase hasta el final del gel y, así, conseguir una mejor separación evitando que la albúmina interfiera en los resultados.

En el carril correspondiente al pool de sueros (figura 3A) se observan las bandas donde la actividad gelatinasa tuvo lugar, pero no se puede determinar qué banda corresponde a cada gelatinasa. Para ello se debe observar el resultado obtenido en los carriles cargados con lasfracciones cromatográficas F.I.1 y F.II.1, donde podemos observar de manera separada las

isoformas de MMP-2 y de MMP-9. En el carril correspondiente a F.I.1 se observa una banda de 65 kDa que podría tratarse de la forma activa de MMP-2, que aparece tanto en el carril del pool (64,53 kDa) como en el del FBS (64,35 kDa) que se utiliza como marcador. Este resultado concuerda con lo descrito en trabajos como el de Rossano y colaboradores (2013), que caracterizan esta isoformacon un peso molecular entre 65 y 68 kDa.

En el carril correspondiente a F.II.1 se han separado las diferentes isoformas de MMP-9. Se pueden observar 5 bandas, habiendo una alta concentración de actividad gelatinolítica entre 100-140 kDa. La primera banda que se encuentra tiene un valor por encima de los 260 kDa (no se puede estimar su valor exacto por estar éste por encima del límite superior del marcador). Esta banda corresponde a un homodímero de proMMP-9 descrito en trabajos como el de Rossano y colaboradores (2013). La siguiente banda que se observa tiene un peso de 131,5 kDa que podría corresponder al complejo N-GAL-proMMP-9, lo que coincide con trabajos como el de Zajac y colaboradores (2013). A continuación se observa la banda de 111 kDa. Esta banda podría corresponder a una isoforma diferente a las mencionadas en los distintos trabajos realizados ya que no se ha descrito ninguna banda de peso molecular similar. Podría ser una nueva isoforma de la MMP-9 que se ha conseguido separar gracias, por un lado, a la separación de MMP-9 y MMP-2 mediante cromatografía de afinidad y, por otro, a haber dejado correr el gel más tiempo de lo normal, y así conseguir una visualización más detallada de las bandas. La isoforma de proMMP-9 está representada por una banda lítica que aparece entorno a los 100 kDa y que coincide con lo descrito por otros autores como Vempati y colaboradores (2007). Estos autores le estiman un peso molecular de 92 kDa. La siguiente y última banda que se observa, con poca intensidad, tiene un peso molecular estimado de 63,8 kDa, y correspondería a una de las isoformas activas de la MMP-9 (65 kDa), descrita en trabajos como el de Bellini y colaboradores (2012).

Se sabe que la MMP-9 tiene dos formas activas, una de 82 kDa que no observamos en el zimograma realizado y la de 65 kDa que sí detectamos. Ésta última apenas se menciona en los diferentes estudios y esto puede ser debido a que, cuando se realiza una zimografía con una muestra de suero, se observan las diferentes isoformas de las gelatinasas en conjuntolo que no nos permite diferenciar aquellas que tengan una masa molecular similar, como es el caso de la MMP-9 de 65 kDa y la MMP-2 de 67 kDa, que migran a posiciones similares en el gel (Rossano et al., 2013).

Este trabajo podría complementarse mediante análisis Western Blot que se realizaría después de la electroforesis. Este análisis permitiría detectar las diferentes isoformas de la MMP-9 mediante el empleo de anticuerpos específicos. Además, permitiría confirmar que la banda de 111 kDa y de 65 kDa visualizadas en elzimograma después de la cromatografía a través de concanavalina A sefarosase corresponden, por un lado, con una isoforma de la MMP-9 no descrita previamente y, por otro, con una isoforma activa de MMP-9.

## 4. BIBLIOGRAFíA


-Bradford, MM. (1976). A rapid and sensitivemethodforthe-quantitation of micrograms quantities of proteinutilizingtheprinciple of protein-dyebinding. Anal Biochem. 72: 248-254.

-Bellini, T., Trentini, A., Manfrinato, MC., Tamborino, C., Volta, CA., Di Foggia, V., Fainardi, E., Dallocchio, F., Castellazzi,M. (2012). Matrix metalloproteinase-9 activitydetected in body-fluidsistheresult of twodifferentenzymeforms. J BiolChem. 151:493-9.

-Brew, K., Dinakarpandian, D., Nagase H. (2000) Tissueinh ibitorsmetalloproteinases:evolution, structure and function. Biochimica et Biophysica Acta 1477 (2000) 267-283.

-Cadiñanos, J., Freije, J., López-Otín, C. (2001). Invasión tumoral y metástasis. En: Cascales, A., Chavaría, F. (Eds). Proliferación celular y cáncer. Madrid: Real AcadNacFarm y Fund Cien AECC, pp. 37-64.

-Cascales, M., Álvarez-Gómez, JA. (2010). Metaloproteinasas, matriz extracelular y cáncer. An R AcadNac Farm. Rev. 76: 59-84.

-Gornall, AG., Bardawill, CJ., David, MM. (1949). Determination of serumproteinsbymeans of thebiure-treaction. J BiolChem. 177: 751-766.

-Iniesta, P., Morán, A., De Juan, C.,Gómez, A., Hernando, F., García-Aranda, C., Frías, C., Díaz-López, A., Rodríguez-Jiménez, FJ., Balibrea, JL., Benito, M. (2007). Biological and clinicalsignificance of MMP-2, MMP-9, TIMP-1 and TIMP-2 in non-smallcelllungcancer. Oncol Rep. 17: 217-23.

-Kotra, LP.,Zhang, L.,Fridman, R., Orlando, R., Mobashery, S. (2002). N-Glycosylationpattern of thezymogenicform of humanmatrixmetalloproteinase-9.BioorgChem.30:356-70.

-Laemmli, UK. (1970). Cleavage of structuralproteinsduringtheassembly of the head of bacteriophage T4. Nature. 227: 680-685.

-Nagase, H., Visse, R., Murphy, G. (2006). Structure and function of matrixmetalloproteinases and TIMPs. Cardiovasc Res Rev. 69: 562-573.

-Öncel, M., Aköz, M., Öncel, M., Kiyici, A., Apiliogullari, B. (2013). MMP-2, TIMP-2, and MMP-2/TIMP-2 complexlevels in epidermoidlungcancer. Turk J MedSci. 43: 104-109.

-Rossano, R., Larocca, M., Riviello, L., Coniglio, MG., Vandooren, J.,Liuzzi, GM.,Opdenakker, G., Riccioa, G. (2013). Heterogeneity of serumgelatinases MMP-2 and MMP-9 isoforms and chargevariants. J Cell Mol Med. 18: 242-252.

-Toth, M., Fridman, R. (2001). Assessment of Gelatinases (MMP-2 and MMP-9) byGelatinZymography. Methods Mol Med. 57: 163-174.

-Vempati, P., Karagiannis, ED., Popel AS. (2007). A biochemicalmodel of matrixmetalloproteinase 9 activation and inhibition.J BiolChem.282: 37585-96.

-Visse R.,Nagase H.(2003). MatrixMetalloproteinases and TissueInhibitorsofMetalloproteinases.CircRes.;92:827-839.

-Zajac, E., Schweighofer, B., Kupriyanova, TA., Juncker-Jensen, A., Minder, P., Quigley, JP., Deryugina, EI. (2013). Angiogeniccapacity of M1- and M2-polarized macrophagesisdeterminedbythelevels of TIMP-1 complexedwiththeirsecreted proMMP-9. Blood.122: 4054-67.

# SUSCEPTIBILIDAD A OÍDIO DE ANTIGUAS VARIEDADES DE VID CULTIVADAS EN EL NOROESTE Y NORTE

Bosso, S.; Gago, P.; Alonso-Villaverde, V.; Santiago, J.L.; Martinez M.C.*

Misión Biológica de Galicia (CSIC), Apartado de Correos 28, 36080 Pontevedra
* Corresponding author: Dr. Mª del Carmen Martínez Tel.+34 986854800, Fax+34 986841362, E-mail: carmenmartinez@mbg.cesga.es

## RESUMEN

Se estudió la susceptibilidad a Oídio en diferentes variedades de cultivo tradicional en Galicia y Asturias, todas ellas conservadas en la colección de la Misión Biológica de Galicia (CSIC). Se evaluó la Incidencia y la Severidad en los racimos en el momento de la vendimia. Existen diferentes niveles de susceptibilidad entre las variedades analizadas. Como más sensible destacó la variedad Castañal y como menos las variedades Godello, Albarin Blanco, Silveiriña, Follajeiro y Mencia.

**Palabras clave:** Enfermedades fúngicas, *Vitis vinifera*, *Erysiphe necator,* racimos, severidad, incidencia.

## INTRODUCTIÓN

El Oídio, causado por el patógeno *Erysiphe necator* (Schw.) Burr., es una de las enfermedades fúngicas más comunes en los viñedos de zonas cálidas, aunque en determinados años en zonas vitícolas más húmedas, del Noroeste y Norte de España (Galicia y Asturias), también provoca numerosos daños.

*E. necator*, es un Ascomycete perteneciente al orden Erysiphales, dentro del reino Fungi. Es específico de la familia *Vitaceae*, heterotálico y posee reproducción sexual y asexual. La reprodución sexual es bipolar y con dos tipos de apareamiento A1 y A2. Este hongo hace uso de ella en invierno, con la formación de cleistotecios o peritecas presentes en hojas y sarmientos. La reproducción asexual comprende desde la primera infección primaveral hasta el otoño, y pasa por diferentes estadíos: contaminacion, incubacion, esporulacion e invasión, con la formación de conidióforos o conidias. *E. necator*, puede sobrevivir también durante el reposo invernal de la vid, en forma de micelio (generado mediante reproducción asexual) en el interior de las yemas latentes.

En zonas húmedas es posible que las ascosporas constituyan la principal fuente de inoculo primario (Pearson y Gadoury 1987; Jarvis et al. 2002), mientras que en zonas más secas, es el micelio presente en las yemas infectadas, la principal fuente de inoculo primario (Van Der Spuy y Mathee 1977, Sail y Wrysinski 1982, Pearson y Gartel 1985). Sin embargo, existe actualmente bastante controversia en este tema, y algunos autores afirman que la aparición de unas formas fúngicas u otras, no dependen de las condiciones climáticas.

El ataque del hongo sobre las hojas y brotes se traduce en un menor desarrollo de estos órganos, con el consiguiente debilitamiento de la planta. Los síntomas en hoja se manifiestan por la presencia de manchas de color amarillento por el haz de la hoja, de menor tamaño, y más difusas que en caso del Mildiu, y recubiertas de un polvillo grisáceo. En racimo, los ataques son mucho más dañinos y la susceptibilidad varía a lo largo del ciclo vegetativo, alcanzando la máxima susceptibilidad entre cuajado y el envero (Ypema et al. 2000, Gadoury et al. 2001). En esta fase, las bayas sufren un daño considerable, empezando por cubrirse de un polvo grisáceo, deteniendo su crecimiento, y terminando por agrietarse y dejando las semillas al descubierto. Estas lesiones favorecen además la entrada de otros patógenos como el hongo causante de la Botrytis (*Botritis cinerea*). Y pueden afectar muy negativamente a las cualidades organolépticas del vino (Amati et al. 1996; Gadoury et al. 2001). Entre los factores ambientales que limitan o favorecen el desarrollo del Oídio, se encuentran la temperatura, la precipitación y la humedad relativa. Temperaturas mayores de 15ºC favorecen el desarrollo y propagación del hongo, encontrándose el rango óptimo entre 24 y 27°C. Por encima de 33°C, se inhibe la germinación de las conidias. La existencia de un cierto grado de humedad es suficiente para la germinación y desarrollo de *E. necator*, mientras que la precipitación excesiva, tiene un efecto negativo en el desarrollo del hongo. Por este motivo, la infección es más severa en climas secos. El rango de humedad atmosférica óptima es muy variable y oscila entre el 40 y 95% de humedad relativa (Pearson y Goheen 1996; Jarvis et al. 2002, Carroll y Wilcox 2003).

Dentro del género *Vitis*, las especies americanas o asiáticas como *V. riparia, V. rupestris, V. Labrusca, V. rotundifolia,* etc... son resistentes o altamente resistentes a Oídio, probablemente debido a la coevolución planta-patógeno a lo largo de los años (Galet 1995). En la especie *Vitis vinifera* sin embargo, todas las variedades son susceptibles, aunque unas lo son en mayor medida que otras (Li 1993, Dubos 2002, Galet 1995, Staudt 1997, Gaforio et al. 2011).

El Noroeste y Norte de España son dos de las zonas con mayor diversidad vitícola a nivel mundial (Martínez y Pérez 2000, Gago et al. 2009), encontrándose una gran cantidad de antiguas y poco conocidas variedades de vid, en un área geográfica pequeña. Esta variabilidad se encuentra recogida en la colección de variedades de vid de la Misión Biológica de Galicia (CSIC) (Martínez et al., 2006) con casi un centenar de accesiones. Por otro lado, es importante señalar que el Oídio llegó a Europa en épocas relativamente recientes, concretamente en el último tercio del SXIX. Provocó numerosos daños en los viñedos europeos, e hizo que muchas de las antiguas variedades, existentes en diferentes zonas vitícolas llegasen casi a desaparecer, o se quedasen prácticamente olvidadas. La presencia en la zonas vitícolas Gallega y Asturiana de numerosos ejemplares centenarios de distintas variedades tradicionales de la zona, que evidentemente han sobrevivido a la primera llegada del oídio a Europa, sugiere la existencia de una cierta resistencia o menor susceptibilidad de esos ejemplares a la enfermedad objeto de estudio.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la susceptibilidad a Oídio, de diferentes variedades de vid tradicionales del Noroeste y Norte de España, con el fin de saber cuáles se adaptarían mejor a diferentes zonas vitícolas españolas o extranjeras. Los resultados obtenidos ayudarán también a reducir el número de tratamientos fitosanitarios y a aplicarlos de una forma más racional y eficaz, lo que sin duda contribuiría a hacer una viticultura más rentable, sana y más respetuosa con el medio ambiente.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron 17 variedades de vid (*Vitis vinifera* L.) (8 blancas y 9 tintas), de la colección de la Misión Biológica de Galicia (CSIC). Se utilizaron como testigo las variedades Chenin Blanc, y Cabernet Sauvignon, conocidas internacionalmente. La parcela se encuentra situada 4 km de la ciudad de Pontevedra, España (42° 25´ N, 8° 38´ W), y a una altitud de 35 m sobre el nivel del mar. El suelo es de textura franco-arenosa (70,1 % de arenas, 16,1 % de limos y un 13,8 % de arcillas), con un contenido de un 7,3 % de materia orgánica. La temperatura media anual de los últimos cincuenta años es de de 14,11 ºC y la precipitación total media anual es de 1.686,68 mm (datos recogidos en la estación termopluviométrica situada en la parcela de la colección de la Misión Biológica de Galicia). El marco de plantación es de 2,5 x 2 m, lo que supone una densidad de plantación de 2.000 cepas/ha. La conducción es en espaldera y la poda Sylvoz. Se dispone de 10 ejemplares por variedad. Durante los años del estudio, se tomaron datos de los diferentes parámetros climáticos (precipitación, temperatura y humedad relativa), mediante la estación termopluviométrica situada en la misma parcela.

La evaluación de la enfermedad se llevó a cabo en racimo, durante tres vendimias consecutivas. Se utilizaron dos metodologías, la propuesta por Boso et al. (2005) y la propuesta por la Organización Internacional de la Vid y el Vino (código 456) (OIV 2009). Una vez tomados los datos, se calculó la Incidencia (Nº de racimos con síntomas de Oídio, en cada cepa) y Severidad (Área afectada de cada racimo, en cada cepa). Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y a una Comparación de medias (MDS), para comprobar si había diferencias significativas, entre unas variedades y otras. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS System v8.1 (SAS 2000).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones climáticas de la zona durante los tres años de estudio, se muestran en la Figura 1. Se caracterizaron por presentar primaveras con temperaturas bajas, entre 12-15ºC, que impidieron los ataques fuertes de Oídio. Las condiciones más favorables para el desarrollo de Oídio, ocurrieron durante la floración (mayo). El periodo comprendido entre floración y cuajado, fue crítico para el desarrollo del Oídio en los racimos. Se observaron diferencias significativas tanto para la incidencia como para severidad, durante los tres años de estudio. Como era de esperar, y debido a las diferentes condiciones climáticas de cada año, la interacción variedad x año fue significativa, por lo que fue necesario realizar los análisis estadísticos para cada año por separado. En general, en el primer año, se observó una mayor incidencia y severidad de esta enfermedad, en comparación con los otros dos años de estudio. La variedad Castañal destacó por presentar la mayor incidencia y severidad, durante los tres años de estudio, siendo significativamente diferente del resto de las variedades. Se trata de una variedad tinta autóctona de la subzona El Rosal (Santiago et al. 2008, 2009), dentro de la D.O. Rías Baixas, y cuya entrada en el Registro de Variedades Comerciales, se produjo recientemente (BOE, 24 marzo del 2011). Cuando se produjo la llegada del Oídio a la zona, a finales del siglo XIX, ya se citaba esta variedad como una de las más susceptibles a la enfermedad (Huetz de Lemps, 1967).

Con respecto al resto de las variedades, las más susceptibles (mayor incidencia y severidad), con diferencia significativa (Tablas 1 y 2), fueron el primer año la variedad Torrontés, en el segundo año Caiño Bravo y en el último año, Mouratón. Un número considerable de variedades, entre las que se encontraban el Godello, Albarin Blanco, Silveiriña, Follajeiro,

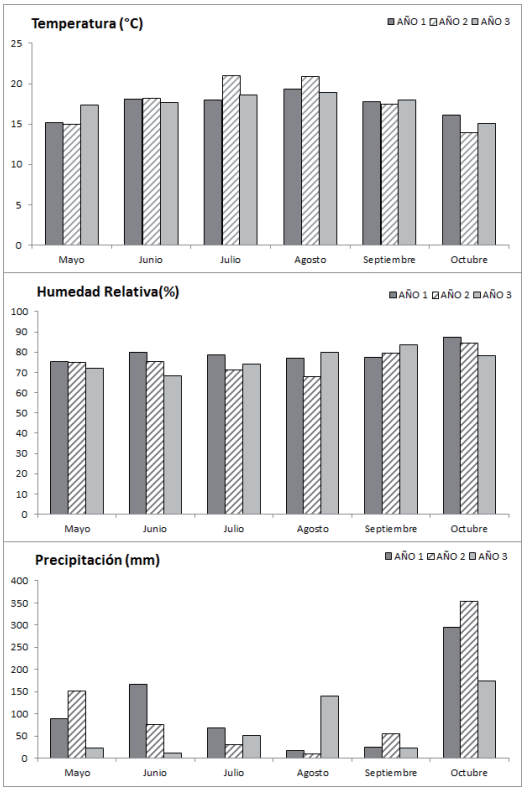



**Figura 1.**

**Tabla 1. Valores medios para la Incidencia a Oidio en las diferentes variedades de vid**

| *VARIEDADES* | *1º AÑO* | | *2º AÑO* | | *3º AÑO* | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | OIV (456) | % | OIV (456) | % | OIV (456) | % |
| CASTAÑAL (T) | M | 46.30a | L | 76.4a | L | 97.53a |
| TORRONTES (B) | H | 9.51b | H | 0.96c | H | 27.73c |
| CAIÑO TINTO (T) | H | 5.59c | H | 0c | H | 3.40d |
| MOURATON (T) | H | 3.85c | H | 2.17c | M | 48.39b |
| TREIXADURA (B) | H | 2.60c | H | 0c | H | 0d |
| VERDEJO NEGRO (T) | H | 2.01cd | H | 0c | H | 1.26d |
| CHENIN BLANC (B) | H | 1.60d | H | 0c | H | 0.43d |
| ALBARIÑO (B) | H | 1.10d | H | 0c | H | 1.92d |
| ALBARIN NEGRO (T) | H | 0.71d | H | 0c | H | 0d |
| CAIÑO BLANCO (B) | H | 0.20d | H | 0c | H | 0d |
| LOUREIRA (B) | H | 0d | H | 0c | H | 0d |
| GODELLO (B) | H | 0d | H | 0c | H | 0d |
| SILVEIRIÑA (B) | H | 0d | H | 0c | H | 0d |
| ALBARIN BLANCO (B) | H | 0d | H | 0c | H | 0d |
| CAIÑO BRAVO (T) | H | 0d | H | 14.31b | H | 0d |
| FOLLAJEIRO (T) | H | 0d | H | 0c | H | 0d |
| CARRASCO (T) | H | 0d | H | 1.19c | H | 3.72d |
| CABERNET SAUVIGNON (T) | H | 0d | H | 2.5c | H | 0.42d |
| MENCIA (T) | H | 0d | H | 0c | H | 0d |
| MDS (0.05) | | 3.20 | | 5.58 | | 12.22 |

Descriptor OIV (456): 1.3= low (L); 5= medium (M); 7.9= high (H); Las medias seguidas por la misma letra para cada columna no difieren significativamente al 5 %. B(Blanca), T (Tinta).

Mencia, etc..., no presentaron síntoma alguno de Oídio, en ninguno de los tres años de estudio. Otro grupo de ellas en el que se incluían las variedades Torrontés, Caiño Tinto, Verdejo Negro, Chenin Blanc, Albariño, Carrasco y Cabernet Sauvignon, presentaron una incidencia y severidad muy bajas (menor del 10% del racimo). Es de destacar el hecho de que en todos los grupos aparecen tanto variedades blancas como tintas, lo que indica que la sensibilidad a Oídio no va asociada al color de la uva. De aquí se podría deducir también, que la sensibilidad a la enfermedad tampoco va asociada a la época de maduración de las uvas, puesto que en general, las variedades blancas maduran antes que las tintas. Tal y como cabía esperar, las condiciones climáticas tienen una gran influencia en la incidencia y severidad a Oídio, de las distintas viníferas. Así, al comparar nuestros resultados con los obtenidos por Gaforio et al. (2011) en Alcalá de Henares, con un clima más seco, mucho más frío en invierno y mucho más cálido en verano, comprobamos que variedades como el Torrontés, que en Galicia presenta una incidencia baja, pero una severidad media a oídio, en Alcalá de Henares presentó una alta sensibilidad. En el caso contrario, algunas variedades como Mencia Godello, etc que Gaforio et al. (2011) describen como de alta susceptibilidad, en nuestro trabajo no presentaron ningún síntoma de la enfermedad. Por otro lado, las variedades testigo como Cabernet Sauvignon y Chenin Blanc, que en nuestro estudio, presentaban baja susceptibilidad a oídio, eran consideradas como variedades muy susceptibles por otros autores (Li 1993, Dubos 2002, Galet 1995, Péros et al. 2006) en estudios realizados en ubicaciones muy diferentes (Francia, Italia, Suiza..) y con suelo y climas distintos.

Se demuestra por lo tanto, que debido a la gran influencia que las condiciones climáticas poseen en la interacción planta-patógeno y por lo tanto en la incidencia y la gravedad de la enfermedad, es necesario realizar estudios específicos en cada zona y para cada variedad concreta.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado gracias a los proyectos de la *Xunta de Galicia* (PGIDIT07PXIB 403143PR, 07MRU024403PR, INCITE07PXI403090 ES, INCITE08E1R403021ES) y del *Plan Nacional Español de I+D+I* (RF2008-00002-C02). Como técnicos de apoyo han parti-cipado Iván González y Elena Zubiaurre.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS


Amati, A.; Piva, A.; Castellari, M.; Arfelli, G. 1996. Prelimi-nary studies on the effect of Oidium tuckeri on the phenolic composition of grapes and wines. Vitis, 35:149-150.

Boletin oficial del estado 2011. Orden ARM/624/2011, de 18 de marzo, por la que se dispone la inclusión de diversas variedades de distintas especies en el Registro de Variedades Comerciales, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. pp. 31766-31770.

Boso, S.; Santiago, J.L.; Martínez, M.C. 2005. A method to evaluate downy mildew resistance in grapevine. Agronomie for Sustainable Development, 25: 163-165

Carroll, J.E.; Wilcox, W.F. 2003. Effect of humidity on the development of grapevine powdery mildew. Phytopathol. 93: 1137-1144.

Dai, G.H.; Andary, C.; Mondolot-Cosson, L.; Boubals, D. 1995. Histochemical studies on the interaction between three species of grapevine, Vitis vinifera, V. rupestris and V. rotundifolia and the Downy mildew fungus, Plasmopara viticola. Physiol Mol Plant P. 46: 177-188.

Dubos, B. 2002. Maladies cryptogamique de la vigne. 2º édition, Ed. Féret, Bordeaux.

Gadoury, D.M; Seem, R.C.; Pearson, R.C.; Wilcox, W.F.; Dunst. R.M. 2001. Effects of powdery mildew on vine growth, yield and quality of Concord grapes. Plant Disease, 85: 137-140.

Gaforio, L.; García-Muñoz, S.; Cabello, F.; Muñoz-Organe-ro, G. 2011. Evaluation of susceptibility to powdery mildew (Erysiphe necator) in Vitis vinífera varieties. Vitis, 50(3): 123-126

Gago, P.; Santiago, J.L; Boso, S.; Alonso-villaverde, V.; Grando, S.; Martínez, M.C. 2009. Viticole biodiversity in Northen and Northwestern Iberian Peninsula. Characte-rization of 22 old grapevine varieties (Vitis vinifera L.). Am. J. Enol.Vitic. 60 (3): 293-3018.

Galet, P. 1995. Précis de pathologie viticole, 2º ed. Imp. JF, Montpellier.

Huetz de Lemps, A. 1967. Vignobles et vins du Nord-Ouest de l´Espagne. Tomos I-II. Instut de Gèographie. Faculté des Lettres, Bordeaux.

Jarvis, W.R.; Gubler, W.D. Grove, G.G. 2002. Epidemiology of powdery mildews in agricultural pathosystems. Pages 169-199. In: Bólanger, R. R., W.R. Bushnell, A.J. Dikana and L.W. Timothy (eds.). The Powdery Mildews a Comprehensive Treatise. St. Paul. Minnesota. USA.

Langcake P., Pryce R. J. 1976. The production of resveratrol by Vitis vinifera and other members of the Vitaceae as a response to infection or injury. Physiol Plant Pathol, 9: 77-86

Li, H. 1993. Studies on the resistance of grapevine to powdery mildew. Plant Pathology, 42: 792-796.

Martínez, M.C. y Pérez, J.E. 2000. The forgotten vineyard of the Asturias Princedom (north of Spain) and ampelographic description of its cultivars (Vitis vinifera, L). Am. J. Enol. Vitic. 51 (4): 370-378

Martínez, M.C., Boso, S., Santiago, J.L. 2006. La colección de variedades de vid de la Misión Biológica de Galicia (CSIC). Interés científico e industrial. Agricultura Revista Agropecuaria LXXV (886): 510-512

Montero, C.; Cristescu, S.M.; Jiménez J.B.; Orea J.M.; te Lintel Hekkert S.; Harren, F.J.M.; González Urena, A. 2003. Trans-resveratrol and grape disease resistance. A dynamical study by high-resolution laser-based techniques. Plant Physiology, 131: 129-138.

Office International de la Vigne et du Vin O.I.V. 2009. 'Le code des caractères descriptifs des variétés et espéces de Vitis' (Ed. Dedon, París).

Pearson, R.C.; Gadoury. D.M. 1987. Cleistothecia, the source of primary inoculum for grape powdery mildew in New York. Phytopathology, 77: 1509-1514.

Pearson, R.C.; Gartel. W. 1985. Occurrence of hyphae of Uncinula necator in buds of grapevine. Plant Disease, 69: 149-151.

Pearson, R. C.; Goheen, A.C. 1996. Plagas y enfermedades de la vid. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

Péros, J. P.; Nguyen, T. H.; Troulet, C.; Michel-Romiti, C.; Notteghem, J. L. 2006. Assessment of powdery mildew resistance of grape and Erysiphe necator pathogenicity using a laboratory assay. Vitis, 45 (1): 29–36

Pezet, R.; Gindro, K.; Viret, O.; Spring JL. 2004. Glycosylation and oxidative dimerization of resveratrol are respectively associated to sensitivity and resistance of grapevine cultivars to downy mildew. Physiol Mol Plant P. 65: 297–303.

Sall, M.A.; Wrysinski. J. 1982: Perennation of powdery mildew in buds of grapevine. Plant Disease, 66: 678-679.
SAS Institute Inc. (2000). SAS OnlineDoc, version 8. SAS institute, Inc., Cary, North Carolina, U.S.A.

Santiago, J.L; Boso, S.; Gago, P.; Alonso-Villaverde, V.; Martínez, M.C. 2008. A contribution to the maintenance of grapevine diversity: The rescue of Tinta Castañal (Vitis vinifera L.), a variety on the edge of extinction. Scientia Horticulturae, 116(2): 199-204

Santiago, J.L.; Boso, S.; Gago, P.; Alonso-villaverde, V.; Martínez, M.C.2009: Tinta castañal (Vitis vinifera L.), variedad de interés en la subzona Rosal (D.O. Rías Baixas), Boletín Informativo, Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, Vol. 22(1): 4-5

Staudt, G. 1997. Evaluation of resistance to grapevine powdery mildew (Uncinula necator [Schw.]Burr., anamorph Oidium tuckeri Berk.) in accessions of Vitis species. Vitis, 36: 151-154.

Van Der Spuy, J.E.; Mathee, F.N. 1977. Overwintering of the Oidium stage of Uncinula necator in the buds of the grapevine. Plant Disease, 61: 612-615

Ypema, H.L., Gubler, W.D. 2000. The distribution of early season grapevine shoots infected by Uncinula necator from year to year: A case study in two California Vineyards. Am. J. Enol. Vitic. 51: 1-6.

# CYCLOPE. SISTEMA TECNOLÓGICO PARA MEJORAR LA SEGURIDAD VIAL DE BICICLETAS Y CICLOMOTORES

Nelson Reboreda, José M. Lago, Darío Tilves, Marta Añón, Adolfo del Sel, José L. Rodríguez, Juan M. Santos

Escuela de Ingeniería de Telecomunicación, Universidade de Vigo, Campus Lagoas-Marcosende 36310 Vigo

## 1. RESUMEN

La Seguridad Vial es, de forma genérica, el conjunto de acciones y mecanismos orientados a la prevención de accidentes de tránsito (seguridad activa) o la minimización de sus efectos (seguridad pasiva). La Seguridad Vial influye de forma notoria en la Sociedad del Bienestar, ya que todos los ciudadanos, en mayor o menor medida, transitan en vehículos por vías y calzadas. Por ello, todos los países desarrollados invierten gran cantidad de recursos en mejorarla continuamente. En España, por ejemplo, los esfuerzos dedicados a aumentar la Seguridad Vial han permitido, en los últimos 10 años, reducir muy significativamente el número de heridos graves y muertes que se producen en las carreteras. Esta reducción se obtiene fundamentalmente a base de decrementar el número de accidentes (y su intensidad) en los que están involucrados turismos. Sin embargo, el número de heridos graves que se producen entre los usuarios de vehículos de dos ruedas se ha mantenido prácticamente constante en la última década. En este artículo se presenta un sistema tecnológico, al que se ha denominado Cyclope, que pretende contribuir a mejorar la Seguridad Vial relativa al tránsito de ciclomotores y, sobre todo, bicicletas. Cyclope ha sido diseñado y construido con el fin de prevenir accidentes (tratando de advertir a los conductores cuando se detecta una situación de riesgo, tanto al del vehículo foráneo que potencialmente puede provocar un siniestro, como al propio usuario del sistema) y, en caso de que finalmente se produzca el accidente, reducir las consecuencias del mismo (enviando un mensaje advirtiendo del suceso a un tercero o a un centro sanitario).

## 2. INTRODUCCIÓN

El número de accidentes con víctimas (ya sean muertes, heridos leves o heridos graves, es decir, que requieren hospitalización) en los que está involucrado algún vehículo de dos ruedas supone un porcentaje importante de los accidentes que se producen constantemente en las vías. Según los últimos datos publicados por la Dirección General de Tráfico [1], en España, durante el año 2014, los usuarios de las motocicletas participaron en 21.654 accidentes con víctimas, lo que representa el 24% del total de accidentes con víctimas (mientras que el porcentaje de motocicletas en el parque de vehículos era del 9%). En el mismo año, los accidentes con víctimas en que se vieron implicados ciclomotores fueron 7.548, un 8% del total (los ciclomotores constituye el 6% del parque de vehículos) y los usuarios de las bicicletas se vieron implicados en 6.890 accidentes con víctimas (mayoritariamente, el 72%, en vías urbanas, aunque los que de mayor gravedad en vías interurbanas). Estos datos ponen de manifiesto la vulnerabilidad de los usuarios de los vehículos de dos ruedas. Es especialmente preocupante el caso de las bicicletas, puesto que el número de heridos graves por accidente en este tipo de vehículo crece cada año, al contrario de lo que ha ocurrido con los turismos en los últimos 10 años, tal como se refleja en la Figura 1.

A diferencia de lo que ocurre en los turismos y vehículos de transporte de mercancías, para los ciclomotores y bicicletas existen en la actualidad muy pocos sistemas tecnológicos de prevención activa de siniestros. Para el caso de los automóviles se pueden encontrar dispositivos de diferente índole, desde sistemas de control de derrapajes hasta mecanismos de detección de colisiones, pasando por un denso conjunto de propuestas que han demostrado su eficacia en los últimos 10 años. Sin embargo, para bicicletas y ciclomotores este tipo de dispositivos escasean. Las principales razones para ello se deben, de forma genérica, al hecho de que los sistemas tecnológicos requieren energía, espacio y suponen una carga, lo que dificultan su implantación en vehículos donde esos requerimientos no pueden ser satisfechos de manera simple.

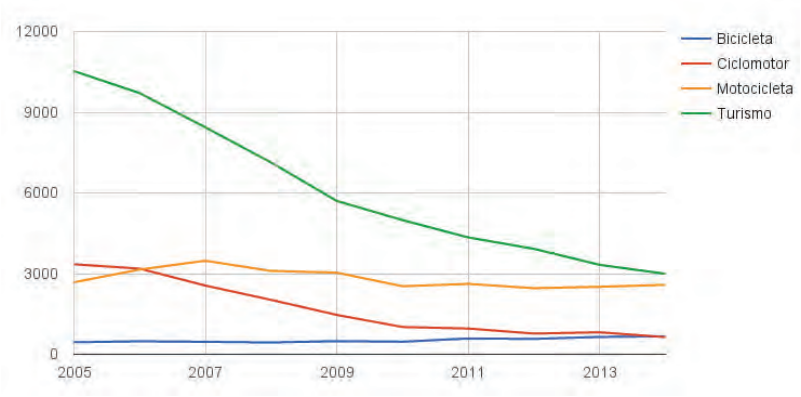



**Figura 1.** Evolución anual del número de heridos graves por accidente para diferentes tipos de vehículos

Sin embargo la tecnología avanza continuamente y en la actualidad han empezado a surgir propuestas de dispositivos orientados a la prevención activa de accidentes para bicicletas. Entre los más sofisticados se encuentran el sistema LaneSight [2] o el dispositivo CLASSON [3]. El primero es un dispositivo de prevención de colisiones basado en la detección de vehículos que se aproximan por la parte trasera y el segundo es un casco que incorpora un sistema lumínico que permite avisar a los vehículos sobre el comportamiento del ciclista (frenada, giro a la derecha o izquierda, etc.). CLASSON cuenta también con un mecanismo de visión de ángulos muertos y de detección de vehículos potencialmente peligrosos. Ambos sistemas deben ser considerados como prototipos, puesto que todavía no se comercializan realmente, y aún no ha sido demostrada su eficacia real. De todas formas, los principales inconvenientes de estos dos sistemas son su elevado coste de fabricación (lo que lleva a un precio de venta previsto en torno a los 400$) y su baja autonomía (según las especificaciones, en ambos casos la batería da soporte a 2-2,5 horas de operación). Estos inconvenientes se derivan del hecho de fundamentar su operativa en técnicas de visión artificial, que requieren cargas computacionales elevadas y, por ende, de procesadores potentes y relativamente caros.

Con el objeto de contribuir a paliar parcialmente esta situación nace Cyclope, un sistema TIC de bajo coste y bajo consumo energético para la prevención de accidentes para vehículos de dos ruedas, fundamentalmente vehículos que pueden alcanzar velocidades relativamente bajas, como son los ciclomotores y, principalmente, las bicicletas. Cyclope aúna un conjunto de tecnologías de nueva generación para conformar un dispositivo que permite detectar objetos que se aproximan a la bicicleta (o ciclomotor) por la parte trasera, donde el usuario no tiene visibilidad constante, e identificar situaciones de potencial riesgo de accidente. A diferencia de los sistemas antes mencionados, Cyclope se basa en el uso de detectores LIDAR de bajo coste y el empleo de técnicas de teledetección [4] propias del ámbito de los radares, que requieren poca carga computacional.

En este artículo se describe brevemente el sistema Cyclope. En particular, la siguiente sección presenta las funcionalidades y características más destacables del sistema para posteriormente, en el apartado 3, tratar las cuestiones inherentes en la algoritmia que sustenta el proceso de predicción de situaciones peligrosas. Por último, el apartado 4 presenta una serie de conclusiones y trabajos de investigación que se están llevando a cabo para mejorar la fiabilidad de sistema.

## 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE CYCLOPE

Cyclope es un sistema que tiene como objetivo principal mejorar la seguridad activa y pasiva de los ciclistas que circulan por las vías, tanto urbanas como interurbanas, ante accidentes debidos a colisiones o alcances. Para ello se busca que los usuarios puedan ser advertidos de la presencia de un vehículo que supone un potencial peligro con un tiempo suficiente que le permita tomar las medidas adecuadas y así salvar la situación. En caso de que se produzca finalmente un siniestro, también se detectará y se tomarán medidas tales como guardar una copia de seguridad de los datos obtenidos a modo de caja negra y avisar de lo sucedido.

El sistema se divide en dos componentes principales: la **unidad de detección y análisis** y la **unidad de comunicación con el usuario**. La unidad de detección y análisis es un dispositivo, que irá montado en la tija del sillín, que se encarga de obtener, procesar y analizar los datos obtenidos y producir los avisos que sean pertinentes en función del nivel de peligro detectado. Por su parte, el módulo de comunicación con el usuario consiste en una aplicación (actualmente disponible para el sistema operativo Android) que se ejecuta en el dispositivo móvil del ciclista y permite a éste ver los avisos generados por peligros, modificar la configuración y avisar en caso de accidente. En la Figura 2 pueden verse los dos componentes de Cyclope situados en su ubicación óptima.

Durante el funcionamiento de Cyclope pueden darse cuatro estados posibles, para los que se toman diferentes medidas:

1. **Situación de seguridad**: Cuando los vehículos transiten adecuadamente y respeten las distancias de seguridad no se generará ninguna clase de alerta puesto que se determina que la situación no tiene ningún riesgo para el usuario.

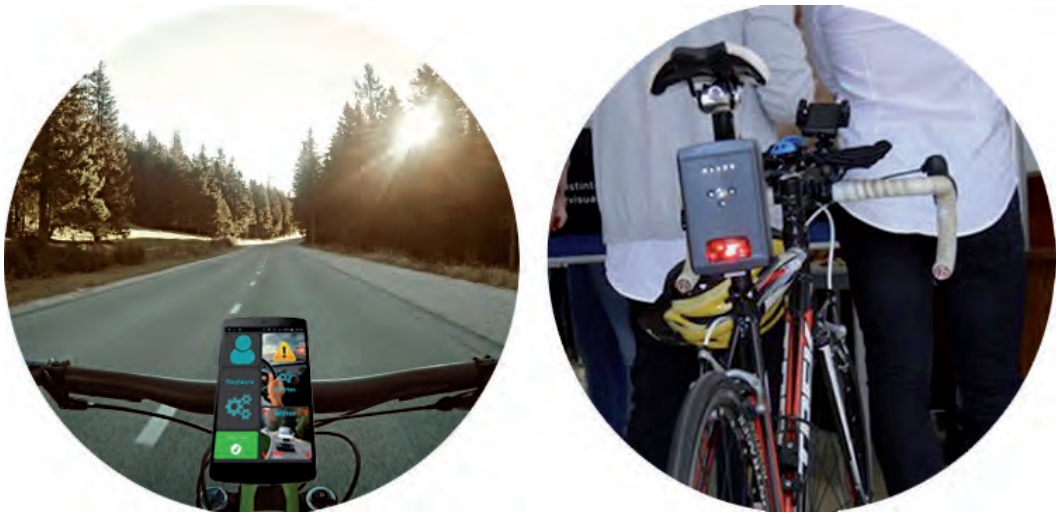


**Figura 2.** Disposición de los dos componentes de Cyclope en la bicicleta

2. **Situación de riesgo leve**: Si se determina que un vehículo se aproxima con una trayectoria y velocidad que puede llegar a provocar un peligro para el ciclista se usarán destellos luminosos con el fin de indicar al conductor de su condición y que, de este modo, rectifique su comportamiento.

3. **Situación riesgo elevado**: Cuando la trayectoria y velocidad del vehículo que se aproxima constituya un peligro inminente para el ciclista se avisará a este mediante una alerta lanzada desde la unidad de comunicación con el usuario, de modo que pueda tomar medidas preventivas de forma urgente. También se avisará al conductor del vehículo mediante el uso de destellos luminosos con parpadeo muy rápido.

4. **Accidente**: En caso de producirse un accidente se generará una cuenta atrás en la unidad de comunicación con el usuario del ciclista y, en caso de no ser detenida por este, se enviará un mensaje a un contacto predefinido avisando del accidente y la ubicación del mismo. También se guardarán todos los datos disponibles a modo de caja negra.

En los siguientes subapartados se describe con mayor detalle cada uno de los componentes que conforman el sistema Cyclope.

### 3.1. Unidad de detección y análisis

La unidad de detección y análisis es el componente central y fundamental del sistema Cyclope. De hecho, es un componente que puede funcionar de manera autónoma, es decir, se podría prescindir de la unidad de comunicación con el usuario y aún así disponer de un sistema de gran utilidad para el usuario de cara a aumentar la seguridad. Esta unidad es la encargada de predecir potenciales peligros de colisión derivados de una aproximación arriesgada de algún vehículo que se acerca por la parte trasera, donde el usuario no tiene visibilidad. La unidad de detección y análisis, como se mencionó anteriormente, va situada en la parte posterior de la bicicleta. Consta de los siguientes elementos (cf. Figura 3):

- **Sensor**. El sensor es el dispositivo que permite determinar la distancia que hay desde la bicicleta o ciclomotor a un objeto externo, cuando hubiese alguno a su "alcance". Este dispositivo es, por tanto, un elemento crucial en Cyclope, y de sus prestaciones depende en gran medida el grado de desempeño que se puede obtener en el sistema. Durante la etapa de diseño de Cyclope se estudiaron diferentes tecnologías y dispositivos disponibles en el mercado con el fin de identificar el más adecuado para los propósitos perseguidos. A grandes rasgos, se requiere un sensor con un alcance mínimo de 15

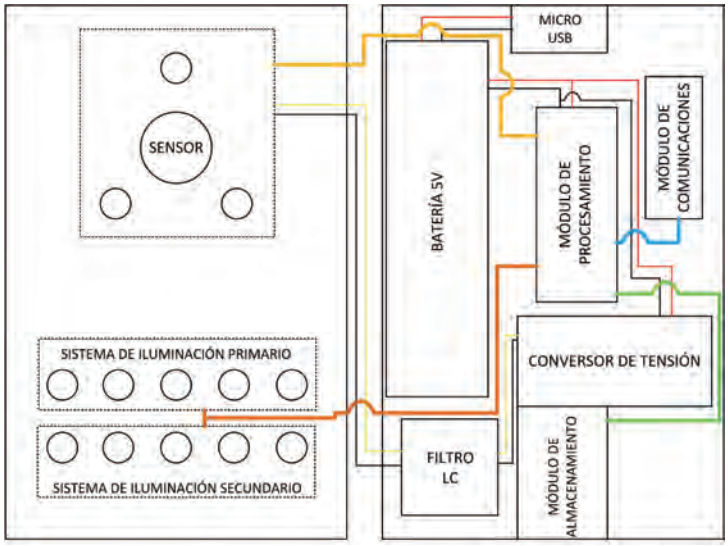



**Figura 3.** Esquema modular de la unidad de detección y análisis

metros, una frecuencia de muestreo de al menos 10 Hz. (cuanto menor sea el alcance mayor debiera ser la frecuencia de muestreo), un consumo energético bajo (para no comprometer la autonomía del sistema), poco peso y un precio muy contenido (para no comprometer la viabilidad de la solución). No se requieren precisiones y resoluciones muy altas en el dispositivo, aunque a mayor precisión, evidentemente, mejor desempeño se puede llegar a obtener. Tras valorar diferentes candidatos, finalmente se optó por un sensor de tipo LIDAR, el TeraRanger [5], que ofrece unas prestaciones acordes a lo buscado. En particular, este dispositivo ocupa únicamente 35x29x18 mm, pesa 8 gramos y consume, en promedio, 50mA a 12 VDC. Utiliza para estimar las distancias a los objetos un láser infrarrojo de baja potencia (por lo que no supone ningún peligro para los seres vivos) con un haz de 3º, obteniendo un alcance de 14 metros y una precisión de 4 centímetros. Si bien el alcance se queda algo corto, este problema se compensa gracias a la alta tasa de muestreo proporcionada (1 kHz).

- **Módulo de procesamiento**. El módulo de procesamiento es el encargado de ejecutar la algoritmia inherente a la detección y seguimiento de objetos en base a los datos recibidos por el sensor. En este módulo no se requiere una gran potencia de cálculo, ya que la complejidad computacional de la algoritmia es relativamente baja (como se verá en el apartado 3). Para el desarrollo del prototipo de Cyclope se optó por un microcontrolador Teensy 3.2 [6]. Este consta de un procesador ARM de 32 bits que trabaja a una frecuencia de hasta 96 MHz y una memoria flash de 256 KB. Incluye tres puertos serie, un puerto SPI, un puerto I2C y entradas y salidas analógicas y digitales. Tiene un consumo moderado y unas prestaciones que superan, con creces, las necesarias para ejecutar los algoritmos definidos.

- **Módulo de comunicaciones.** La comunicación entre la unidad de detección y análisis y la unidad de comunicación con el usuario se realiza empleando la tecnología bluetooth. En el prototipado de Cyclope se ha utilizado un módulo bluetooth HC-06, de fácil disponibilidad. Implementa la especificación bluetooth 2.0, aunque un sistema en producción debiera utilizar un componente que implemente la especificación bluetooth 4.0, cuyo consumo energético es mucho menor.

- **Módulo de almacenamiento de datos**. Para guardar de forma permanente los datos que se van generando en la unidad de detección y análisis (tanto los generados por el sensor como los obtenidos por el módulo de procesamiento), se contempla la necesidad de disponer de un dispositivo de almacenamiento. Para esta función se ha optado por añadir un lector de tarjetas SD, lo que posibilita también retirar toda la información capturada de una manera sencilla para luego volcarla en otro dispositivo, como un ordenador o tableta.

- **Sistema de señalización lumínica**. En el caso de detectarse una situación de peligro se activarán unas señales luminosas cuyo propósito es avisar al conductor del vehículo que se aproxima de que su trayectoria es incorrecta y que, por tanto, debe rectificarla. Para este fin se han dispuesto dos juegos de diodos LED de color rojo. El primero de ellos parpadea con un patrón, que puede seleccionar el usuario, cuando se detecta una situación de peligro mediante el microcontrolador. El segundo juego de diodos LED sirve a modo de luces de posición que el ciclista puede encender y apagar a voluntad, pensado para trayectos de escasa visibilidad como pueden ser los nocturnos o en condiciones climatológicas adversas.

- **Batería**. La autonomía de Cyclope deberá ser suficiente como para que un usuario pueda utilizarlo en trayectos largos sin tener que recargar la batería incorporada. Por ello se busca que su duración sea como mínimo de 8 horas. Por otro lado, una batería de alta capacidad producirá un aumento considerable en el peso del conjunto. Así, es necesario alcanzar un compromiso entre duración y peso. En base a los consumos de los dispositivos empleados en el prototipo y a la experimentación con él, se ha verificado que una batería de litio de 3.200 mAh permite alcanzar las 8 horas de autonomía.

En el diagrama de la Figura 4 se ilustra el funcionamiento de la unidad. El módulo de procesamiento analiza en tiempo real la información que recibe del sensor para determinar si existe una situación de potencial peligro (ver apartado 3). En caso de determinar un riesgo leve activará las señales luminosas siguiendo el patrón de parpadeo definido por el usuario. Si se detecta una situación de riesgo grave se enviará el comando correspondiente mediante bluetooth a la unidad de comunicación con el usuario para notificarle del problema. Los datos procesados son guardados en un fichero en la tarjeta SD, siempre que esté disponible, el cual actuará como "caja negra" en caso de accidente. Cuando el sistema recibe un comando por parte de la unidad de comunicación con el usuario, como la petición de los datos de la caja negra en caso de accidente, este lo procesa y realiza la acción correspondiente.

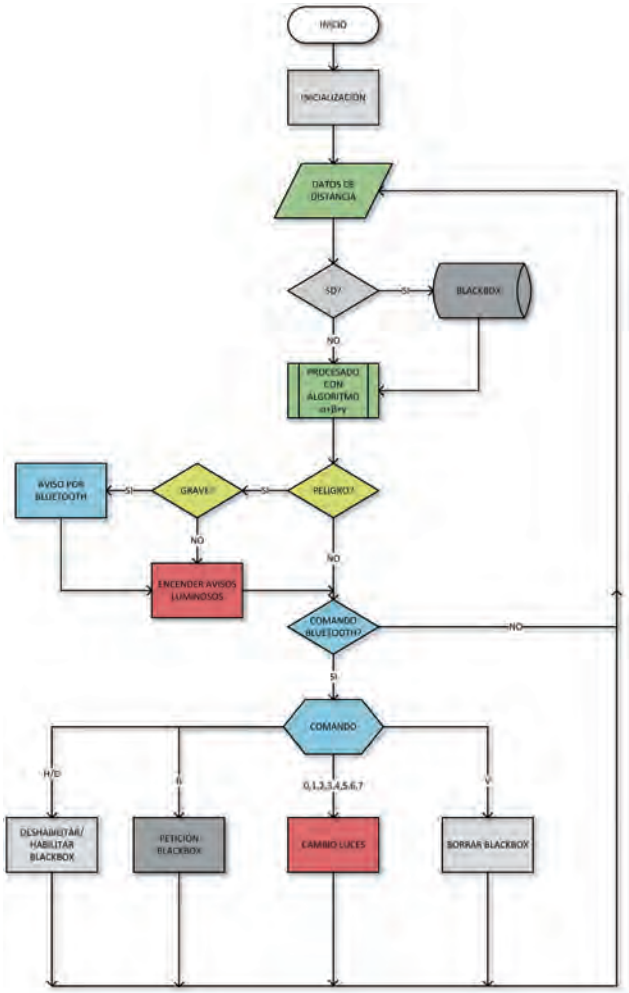



**Figura 4.** Diagrama de Flujo de la funcionalidad de la unidad de detección y análisis

## 3.2. Unidad de comunicación con el usuario

Mediante el uso de una aplicación móvil, disponible actualmente para el sistema operativo Android, es posible recibir las alertas de Cyclope en el smartphone del usuario, el cual idealmente irá montado en el manillar de la bicicleta o ciclomotor. Haciendo uso de esta aplicación se podrá, también, realizar todas las labores de configuración del sistema. Esta aplicación se estará ejecutando en segundo plano mientras no se produzcan alertas, posibilitando que el usuario pueda llevar en la pantalla del móvil aplicaciones apropiadas para la práctica del ciclismo, orientadas a monitorizar el ejercicio realizado o controlar la ruta. En la Figura 5 puede verse la apariencia de la pantalla inicial de la aplicación de Cyclope.

Realmente no es imprescindible que el móvil esté situado en el manillar, existe la posibilidad de que las alertas se notifiquen usando vibración y sonidos, de manera que aunque esté guardado en un bolsillo del ciclista, este pueda percatarse igualmente del aviso de peligro. La aplicación de Cyclope implementa las funcionalidades descritas a continuación.

- **Alerta al usuario**: La aplicación "escucha" en background los avisos enviados por la unidad de detección y análisis. Al recibir una señal de alerta se notificará al ciclista mediante un aviso visual y, opcionalmente, por medio de un aviso sonoro y la vibración del propio smartphone.

- **Detección de accidentes**: Haciendo uso de los acelerómetros del smartphone es posible inferir si se ha producido un accidente. Cuando esto sucede se pregunta al usuario que confirme si está bien y, en caso de que en cierto tiempo no conteste, se

entiende que efectivamente ha ocurrido un siniestro, desencadenando una serie de eventos orientados a auxiliar al ciclista.

**Figura 5.** Pantalla principal de la aplicación para smartphone de Cyclope

- **Mensaje de emergencia**: Al detectarse un percance, la aplicación permite avisar automáticamente a un contacto mediante un SMS. Para activar esta posibilidad el ciclista debe definir unos parámetros de emergencia, incluyendo, de forma obligatoria, un número de contacto y, de forma opcional, una serie de datos que pueden resultar de utilidad a la hora de prestarle auxilio, como información sobre intolerancias y alergias. Toda esta información será incluida, junto con la localización del infortunio (en forma de coordenadas y de dirección postal), en el SMS de emergencia.

- **Caja negra**: Como se ha mencionado anteriormente, en caso de detectarse un accidente todos los datos que recopila la unidad de detección y análisis durante un período de tiempo, y que se guardan en un fichero a modo de caja negra en dicha unidad, son recuperados por la aplicación para poder disponer de una doble copia de seguridad y posibilitar la visualización de la misma. Esta información incluye, potencialmente, la velocidad, aceleración y trayectoria del vehículo incidente, cuando lo hubiese.

- **Configuración**: La aplicación permite al usuario configurar determinados parámetros del sistema (cf. Figura 6). Entre otros, la sensibilidad de las alertas, el patrón lumínico de los diodos LED y el encendido

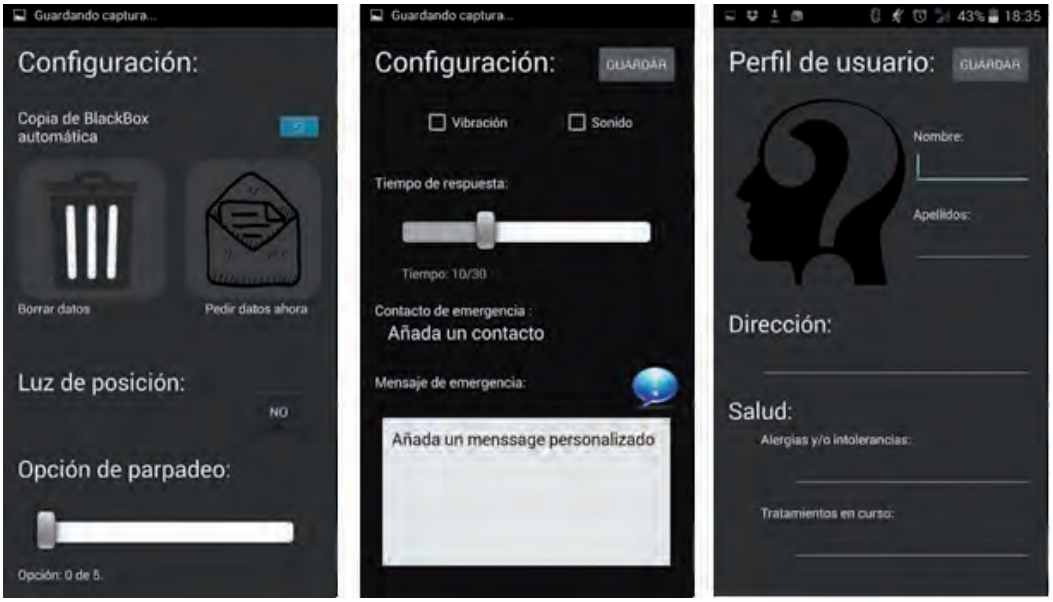



**Figura 6.** Ventanas de configuración del sistema

de la luz de posición, los datos de los mensajes de emergencia, la temporización relacionada con la detección de siniestro, etc. También permite al usuario hacer una copia manual de los datos recopilados por la unidad de detección y análisis.

En el Figura 7 se representa el diagrama de flujo que rige el funcionamiento de la aplicación. Cuando esta se inicia es necesario establecer el emparejamiento por bluetooth con la unidad de detección y análisis y llevar a cabo una sincronización de tiempos entre las dos partes. A continuación se repite un ciclo que mantiene la aplicación a la espera de diferentes eventos. Si se recibe una alerta por parte del sistema de detección y análisis, se lanzará el aviso correspondiente. En caso de detectar un siniestro se enviará el mensaje predefinido y se guardarán los datos adquiridos en la caja negra. Por último se comprueba si ha habido cambios en la configuración, en cuyo caso se envían los datos pertinentes a la unidad de detección.

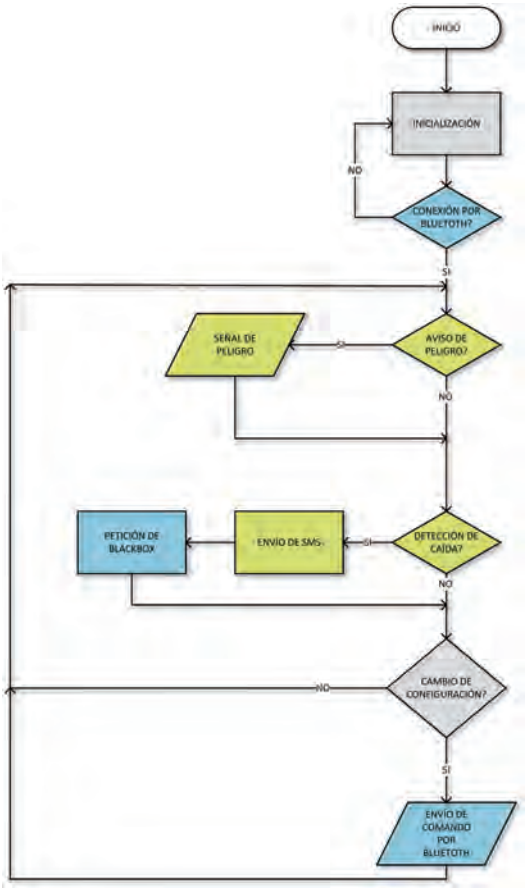



**Figura 7.** Diagrama de flujo del funcionamiento de la aplicación de Cyclope

## 4. DETECCIÓN DE SITUACIONES POTENCIALMENTE PELIGROSAS

La detección de situaciones potencialmente peligrosas, tal como se comentó en el apartado anterior, es responsabilidad de la unidad de detección y análisis. Por situaciones potencialmente peligrosas se entiende, en el caso del sistema Cyclope, aquellas que pueden desencadenar en una colisión por una aproximación incorrecta de un vehículo que circula por detrás en la misma dirección y sentido que el de la bicicleta. Así, la unidad de detección y análisis debe ser situada debajo del sillín, con el sensor orientado hacia la zona de vía posterior al ciclista, apuntando al horizonte y ligeramente hacia la izquierda respecto al sentido de la marcha (es decir, con una inclinación aproximada de 0º respecto al plano horizontal y de 7º respecto al plano vertical). El sensor utilizado en Cyclope tiene una anchura de haz de únicamente 3º, lo cual permite una buena discriminación a la hora de detectar objetos, pero como contrapartida hace que sea relativamente sensible respecto a la colocación del mismo. Debe tenerse en cuenta que apuntarlo demasiado hacia arriba o hacia abajo puede provocar la pérdida de "visión" de los vehículos que se acercan por detrás. El desvío de 7º a la izquierda respecto al plano vertical está elegido para tener una mayor precisión a la hora de estimar la trayectoria del vehículo que se aproxima. Esto ayuda a establecer distintos niveles de alarma para el ciclista y el conductor del vehículo. Por ejemplo, en una trayectoria de un vehículo que pretenda adelantar al ciclista manteniendo los 1.5 m de separación que exige la ley, a partir de los 8 m de distancia estaría fuera del rango del sensor. Con esto se puede ver las limitaciones impuestas por el ancho de haz y también el uso de este hecho para obtener ciertas ventajas.

Para estimar las situaciones de potencial peligro, el módulo de procesamiento de la unidad de detección y análisis recibe continuamente y de forma periódica las distancias de los objetos alcanzados por el haz del sensor. Utilizando esta información se puede determinar la velocidad a la que se acerca un objeto, presumiblemente un vehículo, y su aceleración. Se utiliza un algoritmo alfa-beta-tracker [7] para "fijar" el vehículo y poder hacer su seguimiento. Las velocidades y posiciones estimadas son corregidas mediante este procedimiento, añadiendo un decisor M-of-N con el fin de eliminar falsos positivos. Para evitar la acumulación de errores, cada vez que el algoritmo de Cyclope pierde el seguimiento de un objetivo este se reinicia.

El decisor M-of-N es el que determina si se detecta un objetivo de seguimiento o no, es decir, si supera el umbral impuesto en el decisor se considera que hay un vehículo que

se aproxima y, en caso contrario, se reinicia el proceso. Esto implica que para fijar un vehículo en movimiento el sistema necesita tantas muestras como el decisor tenga marcado (M) para dar un resultado. Esta cantidad de datos se obtiene rápidamente debido a la alta tasa de muestreo del sensor elegido, con lo que el tiempo de recuperación ante pérdidas de seguimiento de vehículos es despreciable y no afecta a la detección de otros posibles peligros que se le puedan presentar al ciclista.

Durante las iteraciones que no se ejecuta el decisor, se inicializan los valores de alfa y beta. Alfa y beta dependen de los errores de distancia del sensor. Para el caso de Cyclope se tomaron diferentes medidas utilizando el sensor con el fin de estimar el error medio y máximo y en qué situaciones se producían más errores para fijar el valor de los parámetros. Las posiciones y velocidades estimadas aplicando las correcciones de alfa y beta se guardan continuamente. Sin embargo, si la posición estimada respecto a la medida es mayor que la del error del sensor esta se invalida. El decisor M-of-N determina finalmente si se está produciendo un seguimiento cuando, por ejemplo, 2 (N) de 6 (M) estimaciones son válidas. Esto permite evitar errores producidos por un determinado ángulo de reflexión o una medida correspondiente a un objeto espurio cruzando la trayectoria del sensor en ese momento.

En Cyclope se consideran dos niveles de alerta: leve y grave. Estos dependen de la distancia del vehículo a la bicicleta, de la velocidad del mismo y del tiempo de reacción que tendría el ciclista para evitar el accidente, o lo que es lo mismo, del tiempo que tardaría en llegar el vehículo al usuario. La alerta leve supone un aviso luminoso al conductor que se acerca a la bicicleta, advirtiéndole de que puede incurrir en una trayectoria peligrosa. La alerta grave supone un cambio en el patrón y frecuencia de este aviso y el envío de un mensaje a la unidad de comunicación con el usuario, que alertará al ciclista oportunamente.

El sensor actual tiene un alcance de 14 m., lo cual no da mucho margen de reacción. Así, una vez identificado un vehículo que se aproxima a una velocidad moderadamente alta se considera una alerta débil. Si el tiempo de reacción es menor a 1 segundo se desencadena la alerta grave. Toda detección de una distancia inferior a los 8 metros se considera alerta grave. Se pretende que cuando se produzca una alerta grave el ciclista tome medidas inmediatamente, ya que supone un peligro inminente. Se tiene un especial cuidado a los detonantes de la alerta grave porque las falsas alarmas podrían provocar la desconfianza hacia el sistema y una falta de precaución cuando ocurra una verdadera situación peligrosa.

En la Figura 8 se puede observar lo que se ha explicado anteriormente y, en particular, cómo el ángulo de orientación del dispositivo de 7º hacia la izquierda y el ancho de haz de 3ª afecta a las distancias en que se disparan las alarmas. Es necesario tener en cuenta que la distancia de seguridad marcada por la normativa es de 1.5 metros, la cual aparece representada en la figura.

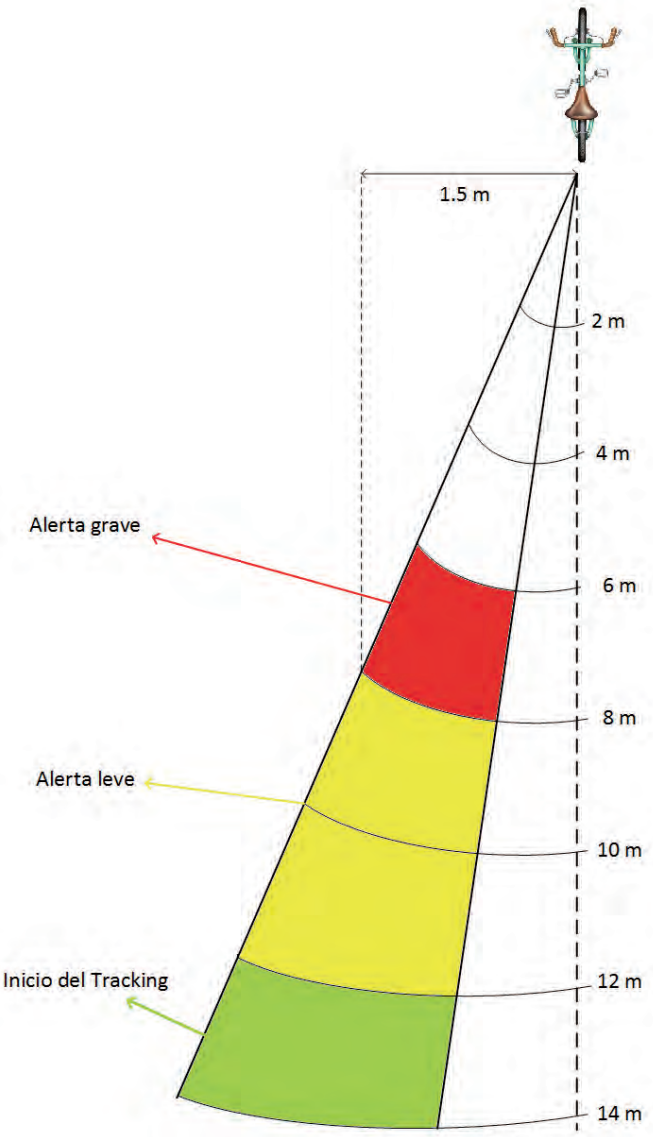



**Figura 8.** Detección de alertas leves y graves

## 5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Cyclope, el sistema de mejora de Seguridad Vial para bicicletas y ciclomotores, supone un avance respecto a los escasos productos similares existentes en el panorama actual. Es un sistema con una gran autonomía (superior a las 8 horas, frente a las 2-3 horas de los productos encontrados) y con un coste de producción relativamente bajo (el prototipo no supera los 190 euros, aun utilizando componentes adquiridos unitariamente). El funcionamiento del sistema ha sido verificado mediante pruebas en distintas fases:

- Pruebas en laboratorio: mediante pruebas en el laboratorio se determinaron los valores iniciales de alfa, beta y el error de medida del sensor. Se llevaron a cabo tests básicos del sistema, como el lanzamiento de avisos de peligro y la verificación de los cambios en el sistema a partir de la configuración introducida en la aplicación móvil, por ejemplo, el patrón de aviso luminoso.

- Pruebas estáticas: en estas pruebas, realizadas en un vial, se hacía aproximar un vehículo (un turismo) al mecanismo de detección (que permanecía estático) con distintas trayectorias y velocidades para comprobar la respuesta del sistema a las distintas situaciones. Estas pruebas permitieron hacer un ajuste fino de los valores de error del sensor, de alfa y beta.

- Pruebas de campo: con el aparato montado en una bicicleta y el dispositivo móvil localizado en la parte frontal de la misma, se realizaron pruebas en carretera con vehículos adelantando y acercándose de forma peligrosa, confirmando el funcionamiento de Cyclope y de todas sus funcionalidades.

Actualmente se están llevando a cabo más pruebas de campo para determinar heurísticos que permitan reducir el número de falsos positivos detectados. Esta es una tarea que necesitará muchos meses de pruebas en entornos reales de diferente naturaleza. En cualquier caso, los heurísticos se irán obteniendo de forma gradual, mejorando paulatinamente el sistema. También está planificada la prueba del sistema con sensores de bajo coste basados en tecnología de radiofrecuencia. Estos sensores permiten un mayor alcance, aunque suelen disponer una una menor tasa de muestreo y de un mayor ancho de haz.

## 6. REFERENCIAS


1. DGT (2015). “Las principales cifras de la Siniestralidad Vial. España 2014”. Ministerio del Interior.
2. LaneSight. Vehicle Detection & Warning System for Cyclists. Página web disponible en http://lanesight.com/
3. The CLASSON Helmet. Página web disponible en http://www.brooklyness.com/classon-helmet.html
4. B. Edde (1992). Radar: Principles, Technology, Applications. Prentice Hall
5. TeraRanger One. Página web disponible en http://www.teraranger.com/products/teraranger-one/
6. Teensy Microcontroller. Página web disponible en https://www.pjrc.com/teensy/teensy31.html
7. R. Penoyer (1993) The alpha-beta filter. C User’s Journal, 11(7), 73-86

# ESTUDIO DE EPIZOOTIAS Y ZOONOSIS EN EXPLOTACIONES DE BOVINOS

Lucía Mato López; Raúl Iglesias Blanco; Cristina Arias Fernández; Noelia Novoa López

Laboratorio de Parasitología. Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud. Facultad de Biología, Universidad de Vigo

PALABRAS CLAVE: Parásito, hospedador, Epizootia, Zoonosis; Producción Animal

## INTRODUCCIÓN

Las enfermedades infecciosas forman parte de nuestras vidas. Los agentes patógenos requieren de hospedadores animales, humanos y vegetales para vivir, reproducirse y dispersarse. La medicina veterinaria y la medicina humana han sido consideradas como conocimientos separados, durante mucho tiempo. Sin embargo hoy en día ha surgido un nuevo concepto: «un mundo, una salud», que subraya la súbita toma de conciencia colectiva del vínculo existente entre las enfermedades animales y la salud pública Desde hace tiempo es sabido que un 60% de las enfermedades humanas infecciosas conocidas son de origen animal (animales domésticos o salvajes), al igual que un 75% de enfermedades humanas emergentes y un 80% de agentes patógenos que pueden ser utilizados por el bioterrorismo. Se sabe también que la alimentación regular de las poblaciones con proteínas nobles derivadas de la leche, del huevo o de la carne es vital, y que su carencia constituye un problema de salud pública. Según algunas evaluaciones, las pérdidas mundiales de producción debidas a las enfermedades que afectan a los animales para el consumo superarían el 20%, de lo que se deduce que incluso las enfermedades animales no transmisibles al hombre podrían generar serios problemas de salud pública. Tienen cada vez más importancia los conceptos de Epizootía y Zoonosis. La Epizootía es una enfermedad contagiosa que ataca a un número inusual de animales al mismo tiempo y lugar y se propaga con rapidez. Su término equivalente en medicina humana es Epidemia. El control de las Epizootías lo lleva a cabo la Organización Mundial de Sanidad Animal (anteriormente Oficina Internacional de Epizootías OIE), creada en 1924 y con sede en Paris. La Zoonosis es una enfermedad infecciosa de los animales que se transmite a los humanos, fundamentalmente a través de los alimentos (Haagsma,J.A. 2013) (Kuchenmüller,T. 2013)

Por todo ello y siguiendo nuestra línea de trabajo en epidemiología y diagnóstico de parasitosis, nos hemos planteado el estudio sobre la presencia de parásitos intestinales en granjas de bovinos y la incidencia de posibles Epizootías y Zoonosis.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se recogieron muestras de heces de animales bovinos en explotaciones ganaderas de la comarca de Sarria,provincia de Lugo, que se agruparon según su procendencia:

GRUPO I: Una Explotación ganadera con animales que habían recibido tratamiento antiparasitario (Noreprinec) en el mes de Octubre de 2015 . 50 animales analizados

GRUPO II: Cinco Explotaciones ganaderas con animales que no habían recibido tratamiento antiparasitario. 50 animales analizados ( 10 de cada explotación en muestras aleatorias).

Ademas, de cada explotación se analizaron las heces de 10 becerros, animales que se alimentan única y exclusivamente de hierba seca y pienso.

Las muestras se recogieron en envases de polietileno estériles, etiquetados, según el protocolo habitual. Junto con cada envase, se adjuntaba una ficha técnica para cumplimentar.

El análisis de las heces no permite el diagnóstico de todas las parasitosis intestinales. Las posibilidades están limitadas por la Biología de ciertos parásitos. Por otro lado, la eficacia limitada de ciertas técnicas de diagnóstico cuando los parásitos están en escasa cantidad y la eliminación variable de las formas de diseminación parasitaria en función del tiempo, nos hace comprender el hecho de que un solo resultado negativo con una sola técnica de diagnóstico, no puede ser definitivo.

Para garantizar la seguridad diagnóstica es necesario realizar con cada muestra fecal, dos técnicas de análisis, una de flotación y otra de sedimentación. Estas técnicas se acompañarán,de ser necesario, con técnicas de coprocultivo.

El coprocultivo que es absolutamente necesario para determinar la naturaleza de la flora fúngica y bacteriana fecal, para la Parasitología no es más que un complemento, a veces necesario. En este caso, el interés del corpocultivo en Parasitología reside en la identificación de ciertos parásitos, mediante la observación de los estadíos evolutivos. En el caso de los Coccidios (Protozoa) se utiliza para favorecer el proceso de esporulación (reproducción asexual múltiple). En el caso de los Nematodos, se aplica a aquellos capaces de llevar a cabo una evolución larvaria en el medio externo. En condiciones favorables, los huevos eclosionan.

Una vez las muestras en el laboratorio, se procedió a realizar la metodología siguiente.

**Examen Macroscópico** en el que se aprecia la consistencia de las heces según la escala de heces de Bristol y se establece la presencia o ausencia de proglótides de Cestodos, parásitos enteros, sangre, moco u otros elementos anormales

**Examen Microscópico** (varias técnicas de diagnóstico).Por este examen podremos encontrar pequeños Helmintos, adultos, sus huevos y larvas, trofozoítos y quistes de Protozoos; así como Pseudoparásitos: células muertas del organismo, células epiteliales, glóbulos rojos, objetos inertes (cristales) hogos, células vegetales, gránulos de almidón y polen, que pueden confundirse con quistes y huevos, así como fibras vegetales o pelos de plantas y animales que producen confusión con larvas de Nematodos. Especial mención merecen los Ácaros microscópicos (Ácaros del polvo, harinas.)

### Examen microscópico directo

Se realizaron frotis de todas las muestras que se observaron directamente al microscopio

### Examen microscópico previa concentración

Empleamos las dos técnicas de concentración de muestras fecales: la sedimentación con formalina-acetato de etilo (Método de Ritchie modificado) y la flotación con una solución Saturada de Sulfato de Zinc.. Ambas técnicas permiten concentrar las formas parasitarias presentes en la muestra fecal incrementando la probabilidad de detección.

Se homogenizaron las heces (dos tubos por muestra) con formalina al 10% y se centrifugaron a 500g durante 10 minutos. Se eliminó el sobrenadante y los sedimentos se emplearon para la realización de las dos técnicas.

### Otros métodos de concentración

En los análisis de las muestras de heces de los becerros que están estabulados y por lo mismo no salen al exterior, aparecieron Ácaros de los alimentos (adultos y sus huevos). Esto supone un caso de pseudoparasitismo. Para saber de dónde procedían estos Ácaros, se procedió a analizar el Silo fermentado, la hierba seca (paja) y el pienso que constituían el alimento de los becerros. Para ello, se machacaron y trituraron las muestras con agua destilada. A continuación se filtraron sobre colador de malla fina y con esas muestras, se llenaron tubos de centrífuga (cuatro por cada muestra). Los tubos se centrifugaron a 500 g durante

10 minutos. Se eliminó el sobrenadante y el sedimento se observó al microscopio.

### Coprocultivo para esporulación de ooquistes de Coccidios

En una placa Petri se mezclan las heces que contienen los ooquistes con una solución de Dicromato Potásico al 2% en agua destilada, el cual, a demás de dar humedad al medio, posee acción bactericida y fungicida. La placa se introduce en una estufa a 20-25ºC. Se ventiló a diario para proporcionar a los ooquistes el oxígeno necesario y diariamente se examinaron por flotación los ooquistes para controlar el desarrollo de la esporogonia. (Cordero del Campillo, M 1981)

### Índices Ecoparasitológicos

Se calculó la Prevalencia de la infección global y de las infecciones para cada tipo de parásito encontrado, en cada grupo muestral, según la fórmula:

$$P = \frac{\textit{Nº de hospedadores parasitados} \times 100}{\textit{Nº total de hospedadores examinados}}$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características de las granjas estudiadas, eran las siguientes: La granja A estaba constituida por animales que habían sido tratados y que se alimentaban dentro de la granja y fuera, en los pastos; en las granjas, C, D y F había animales sin tratamiento antiparasitario y también con alimentación mixta (dentro y fuera de la granja) y en las granjas B y E, los animales tampoco habían sido tratados y se alimentaban única y exclusivamente dentro de la granja. En todos los casos, los becerros estaban estabulados y con una alimentación muy controlada

En los análisis de las muestras fecales encontramos, Protozoos (de Ciclo Biológico directo); Helmintos Nematodos (de Ciclo Biológico directo) en los animales de todas las granjas y Helmintos Trematodos (de Ciclo Biológico indirecto con un hospedador intermediario) en todos los animales salvo en los de las granjas B y E.

Protozoos: Coccidios (ooquistes de Eimeria sp); Sarcodina (quistes de Entamoeba sp) y Ciliados (quistes de ***Buxtonella sulcata***). Son resultados comparables a los obtenidos por otros autores en estos últimos años (Chamauah, J.K. 2009) (Oliveira, M.C.S. 2016)

Helmintos: Nematodos (huevos de Estrongilidos) y Trematodos (***Calicophoron daubneyi*** y ***Faciola hepática***). Resultados similares, salvo para el caso de *Fasciola hepática,* han sido publicados por otros autores (Estefan, P. 2012) (Fuertes-Franco, 2015).

El parásito ***Buxtonella sulcata***, aunque ya se ha descrito en Murcia, León y Asturias, es la primera vez que se cita en Galicia. Algunos autores afirman que en la mayoría de los casos, se comporta como comensal. Nosotros lo hemos encontrado en heces con consistencia alterada (heces pastosas-algo fluidas: Tipo 5 en la escala de Bristol) pero no podemos constatar su grado de patogenicidad.

En el caso de los becerros, ninguno estaba parasitado. En los análisis de estas heces aparecieron adultos y huevos de Ácaros de los alimentos. Se trata de un caso de pseudoparasitismo. Al analizar el alimento que ingerían se pudo comprobar que en la hierba seca aparecían huevos de Ácaros y en el pienso, huevos de Ácaros y Ácaros adultos vivos. Es necesario conocer bien a estos Ácaros y sus formas de diseminación, porque los huevos pueden confundirse fácilmente con algunos huevos de Helmintos.

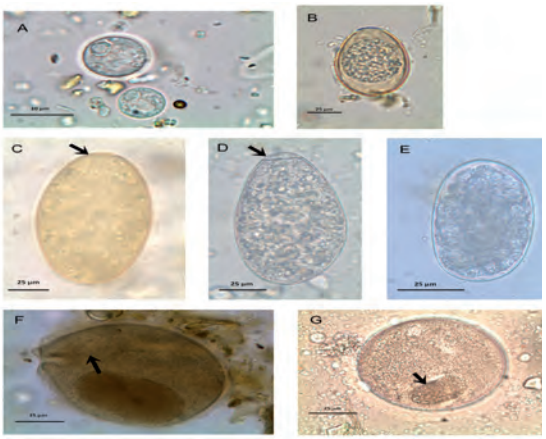
En cuanto a las técnicas de diagnóstico empleadas podemos constatar que la técnica de sedimentación se ha mostrado eficaz en el diagnóstico de todos los enteroparasitos mientras que la de flotación solo lo ha sido en el diagnóstico de los ooquistes de Coccidios y de los huevos de Estrongilidos, demostrando ser más eficaz que la sedimentación en el caso de diagnóstico de los Coccidios.

Los resultados comparativos del número de animales parasitados y porcentaje de parasitación, en todas las granjas,(Gráfica 1) demuestran que el tratamiento reduce considerablemente estos parámetros. La reducción de la parasitación con el fármaco Noreprinec, es muy similar a la que se refleja en trabajos realizados con otros antiparasitarios entre 2008 y 2016 (Entrocasso 2008) ( Hecker 2016) (Melville 2016). En el caso de la especie ***Buxtonella sulcata*** no ocurre así porque al desconocerse su presencia en Galicia, no se aplicó el tratamiento correspondiente.

En cuanto a la presencia de poliparasitismos (Gráfica 2), los resultados demuestran que hay una mayor incidencia de infecciones múltiples en los animales que no han recibido tratamiento antiparasitario. En este grupo, no hay infecciones únicas, predominan las infecciones cuádruples (48%) apareciendo infecciones quíntuples (8%) y solo encontramos un animal (2%) sin parasitar, mientras que en los animales de la granja A, hay un grado menor de poliparasitismo. Aparecen infecciones únicas (12%), predominan las infecciones dobles

(46%), no hay infecciones quíntuples y encontramos 10 animales (20%) sin parasitar.

Los Trematodos Digeneos, ***Fasciola heptica*** y ***Calicophoron daubneyi*** no aparecen parasitando a los animales de las granjas B y E porque aunque son animales que no ha recibido tratamiento, no salen a pastar al campo y, por lo tanto, no están en contacto con los moluscos gasterópodos hospedadores intermediarios en el ciclo biológico propio de los Trematodos Digeneos.




**F**- Buxtonella sulcata. Trofozoito, 40x señalado el sulcus
**G**- Buxtonella sulcata. Quiste, 40x señalado macronucleo.

**Figura 1.** Fotos del trofozoito y quiste de Buxtonella sulcata

Aunque algunos autores afirman que Galicia es una región endémica de ***Fasciola hepática***, es evidente que no lo es en la zona geográfica objeto de nuestro estudio. Al margen de los estudios que se puedan realizar sobre los moluscos gasterópodos presentes en la comarca de Sarria, lo que sabemos es que ***Fasciola hepática*** tiene especificidad por su hospedador intermediario que es un molusco gasterópodo, ***Lymnea truncatula.*** Por el contrario, ***Calicophoron daubneyi,*** tiene poca especificidad por su hospedador intermediario, pudiendo utilizar a moluscos gasterópodos de las familias Lymnelidae y Planorbidae. (Fuertes-Franco, 2015).

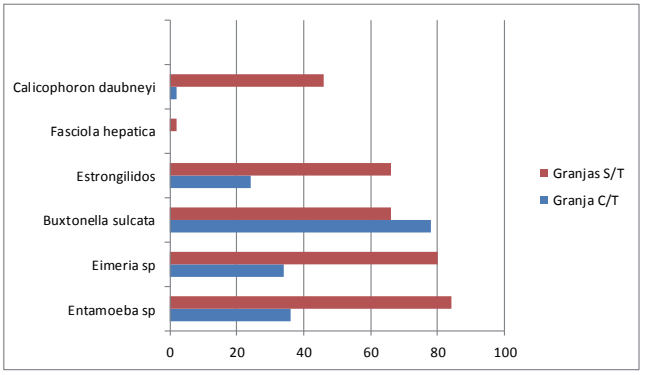



**Tabla 1.** Resultados comparativos del porcentaje de parasitación entre los animales a los que se le ha aplicado el tratamiento y a los que no se les ha aplicado

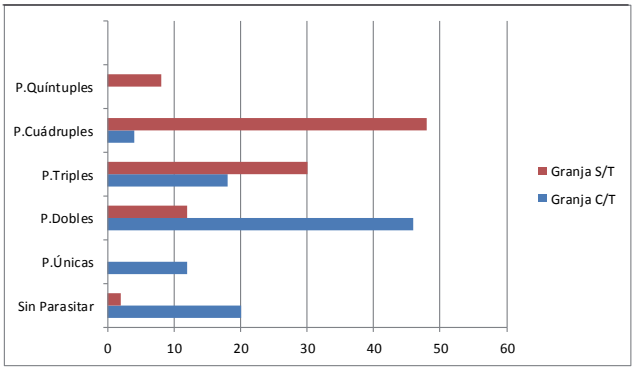



**Tabla 2.-** Resultados comparativos de los poliparasitismos

## CONCLUSIONES

La alimentación natural de los animales y las condiciones ambientales de la zona geográfica, hacen que sea imposible la erradicación total de los enteroparásitos; El control sanitario, según las pautas establecidas en la legislación vigente, permite mantener en un nivel bajo el grado de infección de los parásitos intestinales, dejando aparte el caso de la infección por Buxtonella; La estabulación es un factor determinante y fundamental para impedir el desarrollo de enteroparásitos de Ciclo Biológico indirecto. Por otra parte, la estabulación, la alimentación controlada y la aplicación de un plan correcto de Bioseguridad, son factores determinantes y fundamentales en la disminución y a veces ausencia de enteroparásitos; la baja incidencia de ***Fasciola hepática*** nos permite concluir que en la zona geográfica donde se ubican

las explotaciones ganaderas, prácticamente no aparece el hospedador intermediario de dicho parásito. Para finalizar, no existen epizootias y las especies de enteroparásitos encontradas en las muestras fecales analizadas, no suponen un riesgo importante para la población humana porque no son especies zoonóticas.

## BIBLIOGRAFÍA


www.magrama.gob.es. Control de Parasitosis gastrointestinales en el Ganado Vacuno. Programa Nacional de Control Oficial de Higiene y Sanidad de la Producción Primaria Ganadera 2011-2015

www.inia.es Manejo de Parásitos internos en los bóvidos; Parasitosis: Pérdidas Productivas e Impacto Económico. 2015

www. xunta.gal/medio-rural Enfermedades Parasitarias en el ganado vacuno: Métodos de control

Chamauah,j.k.; Das, M.; Islam,S.; Rajkhowa, C. and Chakraborty, A (2009). Studies of Gastrointestinal helminthes of mithum (Bos frontalis). Journal of Veterinary Parasitology 23 (1): 37-40

Cordero del Campillo, M. (1981) En torno a las especies de coccidios bovinos, con una clave para su determinación. Monografías. Facultad de Veterinaria de León. ISBN 8460023524 pp.: 81-122.

Entrocasso, C.; Álvarez, L.; Manazza,J.; Mottier,L. and Lanusse,C. (2008). Clinical efficacy assessment of the Albendazole-Ivermectin combination in rumiants parasitized with resistant nematodes. Veterinary Parasitology 155 (3-4):240-256

Estefan, P.; Field,C. y Ferreyra, D. (2012) Enteroparasitosis más frecuentes de los rumiantes en sistemas pastoriles de producción: Aspectos básicos de consulta rápida. Estefan-Field-Ferreyra Eds. Tandil-G. Reencuentro. ISBN 978-987-27689-0-4 112 p.

Fuertes Franco, Miguel (2015). Paranfistomosis Bovina por Calicophoron daubney en el Noroeste de Cstilla y León: estudio Epidemiológico, lesional y de la respuesta inmunitaria. Tesis Doctoral. ULE.

Haagsma JA, Polinder S, Stein CE, Havelaar AH (2013) Systematic review of foodborne burden of disease studies: quality assessment of data and methodology. Inernational Journal Food Microbiology 166(1): 34–47

Heckler, R.P.; Borges, D.G.I.; Vieira, M.C.; Van Onselen, V.J. and Borges, F.A. (2016). New approach for the strategic control of gastrointestinal nematodes in grazed beef cattle during the growing phase. Veterinary Parasitology 222:123-129

Kuchenmüller T, Abela-Ridder B, Corrigan T, Tritscher A (2013) World Health Organization initiative to estimate the global burden of foodborne diseases. Revue Scientifique et Technique 32: 459–467

Melville, L.A.; McBean,D.; Fyfe,A.; Palarea-Albaladejo,J and Kenyon,F. (2016). Effect of antihelmintic treatment strategy on strongylid nematode species composition in grazing lambs in Scotland. Parasites and Vectors 9 (1) 9-12

Oliveira, M.C.S.; Nicodemo, M.I.F.; Pezzopane,J.R.M.; Rabelo, M.D. and Néo, T.A. (2016). Gastrointestinal nematode infection in beef cattle raised in silvopastoral and conventional systems. Agroforestry Systems 1-13

# ECIMAT, 10 AÑOS DE VOCACIÓN MARINA CON LA INVESTIGACIÓN:

## UNA BREVE HISTORIA DE LA ESTACIÓN DE CIENCIAS MARINAS DE TORALLA DE LA UNIVERSIDAD DE VIGO

Antonio Villanueva[1]; Jesús Souza Troncoso[2]

1. Responsable de la Unidad de Calidad Ambiental de ECIMAT
2. Catedrático de Universidad del Área de Zoología. Director de ECIMAT

### LOS INICIOS

El pasado 16 de junio se cumplieron 10 años de la inauguración de la Estación de Ciencias Mariñas de Toralla (ECIMAT), el centro de apoyo a la investigación marina de la Universidade de Vigo, 10 años en los cuales la ECIMAT ha mantenido intacta su filosofía de prestar el mejor servicio a los investigadores.

El germen de la ECIMAT se remonta a antes de 2006, concretamente al año 1999. En ese momento, el entonces Vicerrector de Investigación y hoy Rector de la Universidade de Vigo, Salustiano Mato, hizo una firme apuesta por la investigación marina y comenzó la búsqueda de financiación y terrenos a pie de mar para construir unas instalaciones acordes con las necesidades de un número importante de investigadores de la Universidad que hasta ese momento tenían que llevar a cabo sus experimentos a pequeña escala en el Campus o depender de infraestructuras de instituciones colaboradoras.

Tras un largo periodo de búsqueda, y de establecimiento de numerosos contactos, se produjo una llamada que lo cambió todo, el Consejo de Administración de Toralla, S.A. supo entender la importancia que tenía para los investigadores marinos de la Universidad encontrar una ubicación óptima para construir sus instalaciones, y decidió invitar a la Universidad a instalarse en la isla, dando toda clase de facilidades y apoyo para utilizar viales, terreno privado, e infraestructuras de diferentes servicios (agua, electricidad, saneamiento, teléfono, etc). Además la colaboración de Toralla SA resultó clave para llevar a cabo los trámites necesarios con la Jefatura Provincial de Costas para firmar las Actas de Reversión de todas las concesiones de la isla, concesiones que prácticamente en su totalidad (24.400 $m^2$ , aproximadamente un tercio de la isla) consigue la Universidad de Vigo del Ministerio de Medio Ambiente.

Para hacer posible la instalación de la Estación de Ciencias Marinas en la ubicación elegida era necesario llevar a cabo una actuación que protegiese a la futura estación del impacto de los temporales marítimos, para ello, Toralla, S.A. asumió el proyecto de reconstrucción de la primera fase de la escollera, así como el coste total de dicha fase por un importe de 360.000 euros y sin la cual no se hubiera podido construir la Estación.

Una vez alcanzado el acuerdo e iniciados los trámites, la Universidade de Vigo nombró director de la ECIMAT al Profesor Ricardo Beiras encargándole la puesta en marcha del centro. Enseguida Ricardo Beiras se dio cuenta de que una instalación marina requería de infraestructuras especiales, capaces de soportar la continua exposición a la corrosión del ambiente marino, y lo que es más importante, se dio cuenta de que necesitaba contar con personal con formación y experiencia específica trabajando en este tipo de instalaciones. La selección de personal procedente en su mayoría del sector privado y su total involucración resultó clave para que en Junio de 2006 la ECIMAT fuese por fin una realidad.

El compromiso inicial de la Universidade de Vigo con la ECIMAT tuvo continuidad con los sucesivos Vicerrectorados de Investigación (Manuel Reigosa, Elsa Vázquez, Asunción Longo) los cuales, prestando un apoyo incondicional han permitido a la ECIMAT crecer sobre una base sólida y segura.

### OCÉANO-ECIMAT

Prácticamente de inmediato la ECIMAT, con sus unidades de cultivos marinos y medio marino, se convirtió en elemento

vertebrador de la investigación marina que se llevaba a cabo en la Universidad de Vigo, y en 2008, el importantísimo apoyo recibido de la Secretaría Xeral de Universidades de la Consellería de Educación de la Xunta de Galicia posibilitó la creación de la Agrupación Estratéxica Oceanografía-ECIMAT (Océano-Ecimat), integrando a 15 grupos de investigación marina de la Universidade de Vigo en torno a la ECIMAT y estructurados en 4 unidades de investigación:
-Unidad de Acuicultura (Grupos CM1, FB2, MB1, PB1, XB4)
-Unidad de Medio Marino (Grupos BA2-Aves, BA3, EZ1, RE2/Medio Mariño, XB2, XM1, XM3)
-Unidad de Oceanografía Biológica (RE2/Oceanografía)
- Unidad de Ciencias de la Tierra-Oceanografía (FA9, GOFUVI-FT1, GEOMA-XM2)

Los objetivos que se marcó la Agrupación Estratéxica Oéano-ECIMAT fueron,

- Coordinar y combinar las capacidades de los grupos de investigación en Ciencia Marina de la Universidad de Vigo con la finalidad de converger en un **menor número de líneas** de investigación pero con una **mayor masa crítica** por línea, a fin de maximizar la **transferencia de resultados** a los sectores productivos, potenciales beneficiarios de dicha investigación.

- Optimizar el **aprovechamiento conjunto del equipamiento** puntero, infraestructura de laboratorio y de campo **y espacios disponibles en la ECIMAT**, tanto para actividades investigadoras como para actividades de formación de científicos y tecnólogos, y difusión de la ciencia marina en la sociedad.

- Profundizar en el conocimiento de los **ecosistemas marinos** y sus procesos, también valorar la naturaleza de los forzamientos (hidrodinámico barotrópico y baroclínico, oleaje, descarga fluvial, etc.) a las distintas escalas a fin de generar modelos predictivos robustos que permitan un mejor conocimiento de los efectos del cambio climático sobre la Península Ibérica en general y de Galicia y las rías gallegas en particular.

La constitución de Océano-Ecimat contribuyó a impulsar a la ECIMAT hacia la consecución de objetivos más ambiciosos ya que posibilitó la contratación de personal adicional procedente en su mayoría del sector privado para prestar apoyo técnico y administrativo a los grupos de investigación, permitió el lanzamiento de programas de fomento de la colaboración entre grupos de investigación en proyectos multidisciplinares, de formación de jóvenes investigadores y de fomento de su participación en reuniones científicas internacionales, permitió asimismo la creación de dos nuevas unidades (calidad ambiental y oceanografía), la ampliación de la oferta de servicios del centro, el fortalecimiento de la colaboración con empresas y sentó las bases para la internacionalización del centro.

## MARS

ECIMAT forma parte prácticamente desde su inauguración de MARS *network*, la *Marine Research Institutes and Stations*, se trata de una red creada por y para agrupar las estaciones e institutos de investigación que trabajan sobre temas marinos. Los miembros están ubicados a lo largo de toda la costa europea, Océano Atlántico, Mar Blanco, Mar del Norte, Mar de Irlanda, Mar Báltico, Mar Adriático, Mar Negro y Mar Mediterráneo; de modo que todos ellos pueden disponer de las facilidades y servicios ofrecidos en sus instalaciones, y también, facilitando y promoviendo actividades de investigación conjuntas. El actual Director de ECIMAT, Jesús Souza Troncoso, forma parte de la Junta Ejecutiva de MARS desde Diciembre de 2014.

## EMBRC

Al mismo tiempo que esto sucedía, lejos de Galicia, en Bruselas, un grupo de expertos, el Foro Estratégico Europeo de Infraestructuras de Investigación (ESFRI), tenía el encargo de elaborar para la Comisión Europea un nuevo mapa de ruta de infraestructuras de investigación en el que se identificaban las 38 infraestructuras de investigación de todos los ámbitos de la ciencia (grandes telescopios, centros de supercomputación, centros de experiencias atómicas) que resultaban estratégicas para Europa. Una de las infraestructuras identificadas en ese mapa de ruta era el *European Marine Biological Resource Centre* (EMBRC), dedicado al estudio de lo que se conoce como Biotecnología Azul, la disciplina que se ocupa de la exploración y explotación de los organismos marinos con el objetivo de emplear estos y sus derivados para la identificación, procesamiento y desarrollo de nuevos compuestos de origen marino. Dada su naturaleza y objetivos biológicos, el EMBRC, se concibió cómo una estructura no centralizada en un punto, sino distribuida en varias localizaciones, para así favorecer el acceso a los diferentes ecosistemas costeros y sus organismos que existen en Europa.
Tras una intensa colaboración en los primeros 2000, en el estudio de los efectos de la marea negra ocasionada por el buque Prestige, en 2012 los caminos de la investigación marina de la Universidad de Vigo y de la Universidad del Pais Vasco se cruzaron de nuevo, esta vez con el objetivo de incorporar a sus respectivas Estaciones Marinas, la ECIMAT y la Estación Marina de Plentzia (PIE) a la Fase Preparatoria del EMBRC, objetivo que se cumplió el 28 de junio de 2013,

**Figura 1.** Cromatógrafo de gases ubicado en laboratorio seco

**Figura 2.** Pelagia, embarcación neumáutica para recolecta de muestras

**Figura 3.** Sala acondicionada para cultivo de moluscos

momento en el cual ECIMAT y PIE fueron formalmente invitadas a participar como miembros asociados del EMBRC. Dicha invitación supuso el primer paso en un largo camino hacia el objetivo de convertir a la ECIMAT en una referencia Europea en investigación marina. El 22 de Septiembre de 2014 la Subdirección General de Relaciones Internacionales y con Europa del Ministerio de Economía y Competitividad, firmó el Memorando de Entendimiento según el cual España se comprometía a dar los pasos necesarios para contribuir a la constitución de EMBRC como Consorcio Europeo de Infraestructuras de Investigación, pasando de esta forma a ser un miembro de pleno derecho de la Infraestructura y siendo ECIMAT y PiE las infraestructuras que la representaban.

Desde el punto de vista científico EMBRC proporcionará un marco de trabajo a largo plazo (25 años) que permitirá a las instituciones participantes trabajar de forma coordinada en el desarrollo conjunto de tecnologías avanzadas en distintos ámbitos de la investigación de los recursos biológicos marinos, posibilitando la especialización en servicios de alto valor y con un elevado potencial de transferencia a los sectores productivos, permitiendo además a los investigadores marinos de la Universidad de Vigo y de la Universidad del País Vasco, y también a su personal técnico, acceder a infraestructuras de investigación marina en otros países, al tiempo que abre las puertas de ambas estaciones para que personal investigador y técnico llegado de otros puntos de Europa pueda trabajar en ellas. Esta interacción, no puede más que resultar enriquecedora y contribuir a la mejora tanto científica como tecnológica y tendrá un importante impacto en los ecosistemas del conocimiento marino tanto en Euskadi como en Galicia.

Desde entonces han pasado ya casi dos años en los que se han estrechado los lazos entre ambas Universidades, dos años en los que España, ECIMAT y PiE, a base de esfuerzo, dedicación y trabajo se han convertido en referentes dentro de EMBRC, tal y como refleja el hecho de que el 26 de enero de 2016, la representante de España en el Consejo de EMBRC, Inmaculada Figueroa Rojas, Subdirectora General Adjunta de Relaciones Exteriores y con Europa del MINECO fuese elegida por unanimidad como Presidenta del Consejo de Implementación de EMBRC.

Además de los importantes beneficios para los ecosistemas regionales del conocimiento, la participación de centros Gallegos en grandes infraestructuras de investigación a nivel europeo representa una gran oportunidad para garantizar su sostenibilidad futura, ya que les permitirá acceder a consorcios en proyectos internacionales y acceder a fuentes de financiación a las que de otra forma, un centro pequeño como la ECIMAT, difícilmente podría aspirar. Sin embargo la participación en infraestructuras ESFRI es un proceso

proceso complicado, la disponibilidad de las mejores infraestructuras y científicos no es suficiente, es necesario disponer de un sistema organizativo idóneo, disponer de personal técnico altamente cualificado, tener la capacidad para prestar servicios científico técnicos de alto valor y participar activamente, en colaboración con el resto de los socios y del gobierno central, en la implementación y operación de la infraestructura a nivel europeo. En estos momentos EMBRC se encuentra a sólo un paso de convertirse en un Consorcio Europeo de Infraestructuras de Investigación (ERIC), momento a partir del cual arrancará la Fase Operacional de la Infraestructura y en el cual la ECIMAT comenzará a prestar servicios junto con el resto de centros que continuará jugando un papel importante.

Sin el apoyo de la Universidade de Vigo, de las Consellerías de Educación e Industria de la Xunta de Galicia, de la Subdirección General de Relaciones Internacionales y con Europa del Ministerio de Economía y Competitividad, y por supuesto de la Universidad del Pais Vasco, de la sede central en París y del resto de socios de los 9 países que forman parte de EMBRC este hito no habría sido posible.

## PROYECCIÓN EXTERIOR

La colaboración y el input externo resultan fundamen-tales para el avance de la ciencia. En ocasiones los investigadores y centros de investigación más destacados, tienden a colaborar en grupos ya consolidados lo que de alguna forma dificulta el establecimiento de nuevas colaboraciones para centros jóvenes como la ECIMAT.

La concesión a la Universidade de Vigo del sello de Campus de Excelencia Internacional del Mar (Campusdomar) en 2011 supuso para la ECIMAT un importante impulso a la colaboración con otros agentes implicados en la investigación marina en Galicia y Norte de Portugal, contribuyendo de forma notable a la proyección exterior, permitiendo la incorporación de personal investigador marino altamente cualificado y enmarcando la oferta académica marina existente en Galicia y Norte de Portugal.

En estos 10 años la ECIMAT ha realizado además un gran esfuerzo en el establecimiento de colaboraciones adicionales no sólo a nivel internacional (EMBRC) o estatal (PiE, Universidad Autónoma de Barcelona, INIA) sino con agentes

**Figura 4.** Detalle del cefálopodo Sepiola atlantica

ANTONIO VILLA
JESÚS SOUZA

autonómicos y locales interesados en la investigación marina y concretamente en el estudio de nuestras Rías, tanto del ámbito público como pueden ser (OPIS (IEO, CSIC); Xunta (CIMA, IGAFA, INTECMAR); Universidad (Instituto Acuicultura USC, A Graña, UDC), Parque Nacional Illas Atlánticas) como del ámbito empresarial (Puerto, Cofradías (Cangas, Aldán, Baiona, Vigo, Redondela), Asociaciones como ANFACO, Centros Tecnolóxicos como CETMAR, o Cluster de Acuicultura de Galicia, empresas como Pescanova, Isidro de la Cal, Grupo Pereira, Integraqua, Porto Muiños)

Las instituciones, las empresas, los centros de trabajo, no son más que las personas que los integran. En este sentido la ECIMAT ha sido afortunada, el compromiso de su personal es total, y el convencimiento de que siempre se puede hacer mejor ha sido el elemento clave a la hora de recorrer este camino. Es lo que en ECIMAT se conoce como #actitudecimat, en línea con el hashtag corporativo de #actitudeuvigo y podría resumirse como mejora continua y vocación de servicio a los investigadores marinos.

## EL FUTURO

Por supuesto, esto no acaba aquí, la ECIMAT continuará trabajando con la visión de convertirse en una referencia Europea en investigación marina, para ello será necesario:

- Promover la formación continua del personal técnico e investigador, participar activamente en los programas de atracción y retención de talento existentes, fomentar actividades de divulgación científica, transferir el conocimiento generado a los sectores productivos e implantar mecanismos de evaluación a todos los niveles de la organización.
- Buscar la especialización en la prestación de servicios de alto valor para la investigación marina y con un alto potencial de transferencia a los sectores productivos mediante la implicación de los Grupos de Investigación que cuentan con una trayectoria investigadora más destacada.
- Mantener un alto grado de exigencia y mejora continua en la calidad de los servicios prestados.
- Fomentar la colaboración con investigadores de otras instituciones dentro y fuera del país.

**Figura 5.** Vista aérea del edificio ECIMAT

**Figura 6.** Acto de celebración de los 10 años (10/06/2016). De izquierda a derecha: Jeús Souza Troncoso, Director de ECIMAT; Laura Yuste en representación de la Subdirección General de Relaciones Internacionales y con Europa del MINECO; Salustiano Mato, Rector de la UVIGO; Iñaki Goirizelaia, Rector de la UPV y Jaime Aneiros, Concejal de Economía.

- Invertir en nuevas instalaciones, que amplíen la capacidad actual de la ECIMAT y que permitan afrontar con garantías los próximos 10 años de vida del centro.

El Cambio Climático, la Seguridad Alimentaria, las Energías Limpias y el bienestar son algunos de los principales retos a los que se enfrenta la sociedad actual. La respuesta a gran parte de esos retos está en los mares y por tanto la investigación marina es una prioridad, y más en una región como Galicia, donde el mar ha sido históricamente una fuente de riqueza y nuevos retos, el mar está grabado en nuestra identidad social y las actividades relacionadas con el mar siempre han sido importantes impulsores de la economía de nuestro país, tal y como se recoge en el primer reto de la Estrategia de Especialización Inteligente de Galicia, el cual reconoce el potencial de los recursos marinos para promover el empleo, el desarrollo económico y regional y la creación de nuevas capacidades.

La ECIMAT lleva 10 años contribuyendo a dar respuesta a esos retos, 10 años de vocación marina, el compromiso de la Universidade de Vigo con Galicia y con el mar permitirán dar continuidad a esa vocación durante muchos años más

# TECNOLOGÍAS EN CENTROS TALASO

Carmen Paula Gómez, Mª Lourdes Mourelle, José Luis Legido
Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad de Vigo. Campus Lagoas-Marcosende s/n 36310 Vigo

## INTRODUCCIÓN

En el I Congreso Internacional de Talaso: salud y bienestar, celebrado en Baiona del 22 al 25 de noviembre de 2015, se puso de manifiesto el interés de la talasoterapia en el tratamiento de diferentes patologías como reumatismos,artrosis, enfermedades respiratorias, problemas dermatológicos y neurológicos, entre otros.

El término talasoterapia (del griego *Thalassa* = mar y *Therapeia* = curación) fue acuñado por el Dr. La Bonnardière en 1865 en Francia. Los centros de talasoterapia son establecimientos donde se usa el agua de mar y otros recursos marinos (como el clima, la arena, el sol o las algas) con fines terapéuticos y preventivos. Además, cada vez más se usa el agua de mar con fines de bienestar y puesta en forma, ya que esta agua, junto con el clima marino, ejerce un efecto estimulante general del organismo y de todas las funciones orgánicas.

El uso de agua de mar para la salud y el bienestar es muy antiguo. Ya los egipcios la usaban para curar enfermedades,así como, Hipócrates, Galeno, Platón y Aristóteles aconsejaban usar los baños calientes para curar y secar las heridas pero también con fines preventivos. Es en Inglaterra y Francia, durante los siglos XVII y XVIII, en los que se desarrollan ampliamente las aplicaciones terapéuticas del agua de mar.

Además del agua de mar, en talasoterapia se usan otros recursos marinos como:

- Arena: la aplicación pautada se denomina Psamoterapia; es un método termoterápico.

- Algas: existe una enorme variedad y, además de la aplicación tópica, también se usan como recurso nutricional.

- Limos o lodos marinos: son un tipo de peloides o fangos preparados con agua de mar y que se usan en envolvimientos o emplastos.

Para aplicar los recursos marinos, en los centros de talasoterapia se usan diferentes técnicas que clásicamente se han clasificado como: técnicas de balneación, aplicaciones a presión, aplicaciones vía respiratoria, saunas y baños de vapor, algas y peloides marinos. El agua de mar también se puede tomar en la cura en bebida, denominada cura hidropínica.

En los últimos años, la investigación en nuevos materiales, más resistentes a la corrosión del agua

de mar, y el desarrollo de sistemas complejos de impulsión del agua, así como de sistemas automáticos para el control del agua, han permitido grandes mejoras en las técnicas y tecnologías para la aplicación de las diferentes terapias y tratamientos.

## 2. TÉCNICAS EN TALASOTERAPIA

El equipamiento de los centros e instalaciones que proporcionan la cura y los tratamientos de bienestar con agua de mar es muy variado pero similar a los usados en otro tipo de centros termales. Posee como característica diferencial que los materiales deben ser aptos para soportar la corrosión que provoca la elevada mineralización del agua de mar.
Clásicamente se han divido las técnicas termales en dos grandes grupos:

- Técnicas de uso individual: baños y duchas.
- Técnicas colectivas (para usar varias personas al mismo tiempo): piscinas,circuitos de duchas, etc.

Según su modo de aplicación, las técnicas también se pueden clasificar en seis grandes grupos:

- Aplicaciones vía oral: cura en bebida o cura hidropínica.
- Aplicaciones vía respiratoria: nebulizaciones, aerosoles, etc.
- Técnicas de balneación: baños de burbujas, hidromasaje, chorro manual subacuático. Las piscinas son técnicas de balneación colectivas, al igual que los pasillos de marcha o pasillos flebológicos.
- Aplicaciones a presión: chorros y duchas (a presión, de contraste, de afusión, etc.), combinadas con masaje (masaje bajo ducha).
- Envolturas y emplastos: de algas y limos marinos.

### 2.1. Cura en bebida con agua de mar

También se denomina cura hidropínica y consiste en la administración de agua de mar por vía oral o en bebida.
No necesita de instalaciones específicas; simplemente se pone a disposición de los usuarios una jarra con agua de mar, una vez explicado el método para la cura.

### 2.2. Aplicaciones vía respiratoria

Se denominan también aplicaciones atmiátricas y consisten en la aplicación directa sobre las vías respiratorias de agua de mar dividida en gotas, obtenida mediante la utilización de aparatos especiales.
Para estas aplicaciones se utilizan principalmente las nebulizaciones y los aerosoles, aunque también es frecuente la realización de lavados nasales y gargarismos.
Las nebulizaciones consisten en inhalaciones de agua termal en forma de gota gruesa (>10 μm), de manera que el agua minero-medicinal puede alcanzar los bronquios.Los aerosoles son inhalaciones de vapores o gases (<10 μm) de forma individual. Cuanto más pequeño es el tamaño de partícula, mayor profundidad alcanzará en el árbol respiratorio, llegando a los alveolos pulmonares (partículas < 3 μm).
Dependiendo del tamaño de la partícula que producen, los aparatos de aplicación de agua de mar vía respiratoria o inhaladores pueden clasificarse como: **nebulizadores y aerosoles.**
Los equipos usados para generar la nebulización han experimentado mejoras tecnológicas a lo largo de los últimos años. Hoy en día se pueden conseguir tamaños de gota inferiores a 3 micras utilizando técnicas ultrasónicas.

### 2.3. Técnicas de balneación

El baño consiste en sumergir el cuerpo o una región de éste en el agua. Puede ser general si se introduce el cuerpo entero (baños simples, de hidromasaje, piscinas, etc.) o regional y parcial si sólo se introduce una región de él (de medio cuerpo, de piernas, etc.). La temperatura será variable dependiendo del caso que se va a tratar.
Los baños también se pueden clasificar según tengan o no movilización del agua o lleven aditivos. Los más usados se describen a continuación.

#### Baños simples

Se sumerge el cuerpo en el agua buscando el efecto de la temperatura o de los minerales del agua de mar. Se usa principalmente para procesos descamativos.
Clásicamente se usaban bañeras de mármol y en la actualidad se utilizan diferentes materiales como PVC, fibra de vidrio, materiales cerámicos con nanopartículas, aleaciones metálicas resistentes a la corrosión, fibra de carbono, resinas minerales, etc.
Su capacidad varía desde 150 l hasta 600 l.

#### Baños con movilización del agua: de burbujas e hidromasaje

El **Baño de burbujas o aeromasaje** es un baño simple en el que se impulsa aire dentro del baño, formando burbujas de diferentes tamaños (grandes o pequeñas, con efectos ligeramente diferentes).
La **Bañera de hidromasaje** es un baño similar al anterior

**Figura 1.** Piscina de burbujas con agua de mar y microalgas.

pero en el que se impulsan chorros de agua subacuáticos, que pueden ser orientados a las distintas zonas corporales (articulaciones de las extremidades y columna). El número de salidas es variable, pudiendo llegar en algunos casos a 240. Estas bañeras permiten programar, de acuerdo a las necesidades terapéuticas individuales de cada paciente, la temperatura, presión, duración y la secuencia de los distintos chorros.

Actualmente todos los tipos de bañera tienen sistemas de limpieza y vaciado automático.

## Chorro manual subacuático

Es una variante del baño que combina la balneación con una técnica a presión. Elusuario se encuentra sumergido en una bañera de agua caliente y el terapeuta aplica un chorro de agua a presión sobre la región corporal que se desea tratar, con ayuda de una manguera flexible. La temperatura del chorro puede ser caliente o fría, aunque frecuentemente es 1 o 2 °C más caliente que el agua del baño; la presión del chorro es variable, entre 1 y 4 atmósferas. El masaje que se aplica con el chorro puede ser local o general.

## Piscinas

La terapia en piscina combina la temperatura del agua y las fuerzas físicas de la inmersión (flotación, presión hidrostática y factores hidrodinámicos) con ejercicios terapéuticos. Se emplea principalmente cuando se necesita la ejecución de ejercicios asistidos o resistidos de las extremidades, sin que exista carga sobre las articulaciones y músculos. El agua de mar, al facilitar la flotación, potencia este tipo de terapias.

En los centros de talasoterapia existen dos tipos principales de piscinas: terapéutica y dinámica. La piscina terapéutica puede ser de movilización o de natación.

La **Piscina colectiva de movilización** puede presentar diversas formas y tamaños. Debe de contar con acceso adecuado por escalera con barandillas y rampas, barras de apoyo y materiales accesorios (fijos: tablas, aparato de tracción, taburetes y sillas lastradas; de flotación: anillos hinchables, flotadores; de lastrado).

La **Piscina de natación terapéutica** tiene una forma similar a la de la piscina deportiva con accesorios similares: tablas de pies, burbujas de corcho, gomas elásticas, etc.

**Foto 2.** Piscina dinámica del centro Talaso Atlántico

Frecuentemente, las piscinas terapéuticas disponen de zonas reservadas para la rehabilitación personalizada, con pasillos de marcha, que suelen tener alrededor de 3 m de longitud con profundidad decreciente (de 1,50 m hasta 0,70 m).

Las **Piscinas dinámicas** tienen como finalidad el relax, el bienestar o la puesta en forma, integrándose generalmente en un área colectiva con otro tipo de instalaciones y técnicas: saunas, baños de vapor, duchas, etc. Suelen están diseñadas de manera que el usuario puede disfrutar de todas las áreas y dispositivos que la componen: *jacuzzis*, pozos de contraste, zonas de flotación o contracorriente, chorros, cuellos de cisne, cascadas, etc. Los recorridos suelen tener una planificación, de manera que lo más práctico es ofrecer al usuario información sobre la forma correcta de optimizar la estancia, ya sea mediante uno o varios circuitos o recorridos secuenciados.

Los centros de talasoterapia han ido incorporando nuevos materiales en sus piscinas como las láminas armadas de PVC, la fibra de vidrio, materiales cerámicos con nanopartículas, aleaciones metálicas resistentes a la corrosión, membranas armadas de revestimiento, fibra de carbono, resinas minerales, Pearl Essence, Gresite, Liner, etc.

## 2.4. Aplicaciones a presión

Son chorros y duchas en los que el agua es proyectada a presión variable sobre la superficie corporal, mediante un dispositivo tubular apropiado. A los efectos de la temperatura se unen los efectos de la percusión y la presión.

Existe una diferencia básica entre ducha y chorro; en la ducha se interpone un pomo agujereado a modo de difusor, por el que sale el agua dividida en gotas más o menos gruesas, mientras que en el chorro el agua sale directamente de la manguera a través de una embocadura con diferentes presiones. Como norma general, en los centros termales las duchas tienen una presión entre 1 y 3 atmósferas, mientras que en los chorros la presión oscila entre 3 y 12 atmósferas, aunque hay excepciones.

Las duchas y chorros se pueden usar como terapia individual para lo cual es necesario disponer de cabinas que suelen estar fabricadas con materiales lavables (cerámicos) y suelos antideslizantes. Las más usadas son el chorro a presión y el chorro o ducha de contraste (alternando agua caliente y fría), que requieren un recinto de aproximadamente 1,5 m de ancho por 3-5 m de largo. Ambas precisan de un pupitre de mandos a través del cual se regula la temperatura y la presión.

La ducha circularsuele tener un espacio más reducido. El sistema es simple: únicamente se necesita un sistema de tubos circulares agujereados por los que sale una fina lluvia de agua. El usuario se sitúa en el centro de los tubos circulares para recibir el tratamiento.

La ducha de afusión es sin presión y se aplica mediante una ducha horizontal mientras el usuario permanece tumbado en decúbito prono. Una variante de ésta es el masaje bajo ducha, denominado comúnmente Vichy, en la que al tiempo que se aplica la ducha de afusión, el usuario recibe un masaje a dos o cuatro manos.

En las zonas termolúdicas de los centros de talasoterapia se pueden encontrar muchos tipos de duchas de uso colectivo: bitérmicas (el agua va cambiando de temperatura de forma automática), en forma de lluvia tropical, con aromas (a las que se inyectan aceites esenciales), etc.

## 2.5. Algas Marinas

Existen numerosas especies de algas marinas que se pueden usar en talasoterapia, generalmente en forma de emplastos o envolturas, aunque también en forma de extractos glicólicos para añadir al agua de balneación. Para ello, las algas deben ser desecadas y sometidas a diferentes procesos de triturado; el más usado es el microestallado, que permite obtener preparaciones de muy pequeño tamaño de partícula. El polvo de algas se mezcla con agua de mar para su aplicación tópica.
Se denominan envolturas o envolvimientos cuando se aplica la mezcla en capa fina (mediante pincelación o con la mano) y se envuelve la zona (todo el cuerpo o una parte) con una tela o una lámina de plástico o celulosa. Se denomina emplasto cuando se aplica una capa gruesa, de uno o dos centímetros, en una zona corporal, generalmente en articulaciones buscando el efecto antiinflamatorio.
Existe un amplio rango de algas marinas que se utilizan en talasoterapia debido a su composición. Las algas son ricas en fitocoloides, alginatos, carrageninas y polisacáridos.

## 2.6. Limos marinos

Los limos marinos son un tipo de peloides. Son productos constituidos por la mezcla de un sustrato sólido (arcilla, turba, sedimentos, etc.) y agua de mar.
Los limos marinos pueden ser naturales, cuando se forman en los estuarios de los ríos en su confluencia con el mar, o en las orillas de mares lagos salados o mares interiores (como el Mar Muerto o el Mar Negro). Pero generalmente son artificiales, y se preparan en el momento del uso o mediante un proceso de maduración (contacto del agua de mar con el sustrato

**Fig. 3.** Envolvimiento con microalgas

sólido). Para este proceso de maduración se usan tanques de acero de diferentes capacidades según el volumen que se quiere elaborar.También se usan mezcladores de diferentes materiales para preparar o agitar las mezclas antes de usarlas y calentarlas.
Para su aplicación se pueden utilizar las técnicas citadas para las algas: envolturas y los emplastos. Para alteraciones reumatológicas, rehabilitación, etc., los limos marinos se aplican en caliente y para ello deben ser calentados en equipos habilitados a tal efecto o a baño María. Para alteraciones dermatológicas o áreas inflamadas se aplican en frío.

## 3. DISEÑO Y ARQUITECTURA

La construcción de un centro de talasoterapia requiere cuidadosas técnicas de ingeniería, ya que se plantean dos problemas fundamentales: por una parte la captación de agua, que debe ir precedida de un análisis de las corrientes marinas, de las mareas y la situación establecimiento con respecto al nivel del mar. La norma francesa dictamina que la captación debe realizarse en horizontal (se prohíbe la captación vertical o por pozo), por lo que habrá que determinar la distancia mar adentro necesaria para la boca del colector. También se necesita establecer sistemas de filtrado, generalmente a través de lecho de arena, para conservar las propiedades naturales del agua de mar.
La arquitectura y diseño de los centros de talasoterapia también ha experimentado cambios, no sólo siguiendo las tendencias, sino también debido al desarrollo de nuevos materiales: maderas resistentes al agua, acero y materiales cerámicos que dificultan la corrosión, y en general estructuras que permiten diseños innovadores y estéticamente muy sugerentes. Aunque en definitiva se trata que reúnan las condiciones para cumplir los fines propuestos, es decir, aplicar tratamientos terapéuticos o de bienestar, asegurando la seguridad de usuarios y trabajadores, y facilitando las actividades que se realizan cada día en el establecimiento.

La distribución de los espacios es también fundamental. Clásicamente se realizaba una separación entre la zona húmeda y la zona seca, fundamentalmente para conseguir una amortiguación de los ruidos que las distintas aplicaciones a presión o con movilización de agua pudieran producir. Actualmente los problemas de aislamiento pueden ser solventados de forma eficaz y la tendencia es a distribuir el centro en dos áreas: área colectiva y área de tratamientos individuales, con una zona de reposo entre ellas.

Las zonas de tratamiento dispondrán de espacio suficiente para el desempeño de las técnicas o tratamientos de manera que los profesionales puedan moverse con comodidad.

Es importante eliminar las barreras arquitectónicas que dificulten el acceso a las distintas zonas y, en caso de zonas diferenciadas para los tratamientos terapéuticos y los de salud y bienestar, estas deben estar debidamente interconectadas mediante pasillos exentos de corrientes de aire.

Las áreas colectivas son zonas en las que participan de las actividades varias personas al mismo tiempo. Constan de piscinas a distintas temperaturas, con chorros, camas de agua, cuellos de cisne, etc., a las que se suman distintas zonas de tratamiento específicas: pasillos de flebología, piscinas para movilización en el agua, minipiscinas o jacuzzi, pozo frío, pediluvios, etc. Tal como se ha indicado anteriormente, puede existir una zona específica para terapias y, en el caso de áreas mixtas (terapéuticas y de bienestar), pueden existir zonas reservadas para realizar ejercicios o distintas terapias en el agua: *aquagym*, relajación en piscina, *watsu*, etc.Las zonas colectivas siempre incluyen distintas saunas y baños de vapor, duchas diversas (con aromas, en lluvia, etc.) y zonas de reposo. Además, muchos centros de talasoterapia disponen de instalaciones de fitness que incluyen un gimnasio e incluso zonas para la rehabilitación deportiva.

Para el control del acceso a las zonas colectivas se usan diferentes métodos, pero los más frecuentes son la tarjeta electrónica o el chip de pulsera que permiten, mediante un software, controlar el tiempo de cada usuario en esa área, permitir el acceso a vestuarios y taquillas, además de gestionar el aforo del recinto.

El área individual incluye cabinas de tratamiento individual, ya sea con técnicas hidrotermales o terapias secas que se realizan de forma privada. En algunos casos estas cabinas pueden ser para dos personas, e incluso se pueden realizar dos técnicas dentro de la misma sala (por ejemplo, bañera de hidromasaje y masaje).

Debido a que los equipos de presión que utilizan las bañeras de hidromasaje y burbujas, y la propia percusión del agua sobre las superficies causan ruidos que pueden resultar molestos si son de intensidad elevada, es necesario utilizar materiales que amortigüen conveniente estos ruidos. De ahí que las cabinas de hidroterapia se deban aislar mediante pasillos, dobles puertas o pantallas vegetales de las zonas secas, donde se realizan las técnicas de masaje y otros tratamientos en los que el aislamiento y entorno silencioso es necesario.

Para ambientar las cabinas de tratamiento individual (y las zonas de reposo) se utilizan diferentes sistemas de luces LED y de fibra óptica, así como ambientadores de esencias que requieren asimismo de equipamientos especiales.

Los centros de talasoterapia disponen de otro tipo de instalaciones como la recepción, vestuarios, despachos, salas diferenciadas para ropa limpia y ropa sucia, parapreparación de materiales y cosméticos, etc.

Por su especial relevancia cabe destacar el área técnica que incluye las salas de máquinas, almacenes, sala de preparación

**Fig. 4.** Ejercicios en agua de mar

de materiales y área del personal. Normalmente poseen entrada independiente de los clientes y, cuando no es posible, deben situarse en un lugar discreto. El tamaño de la sala de máquinas puede variar según la magnitud del centro; en ella se localizan los sistemas de tratamiento del agua y control microbiológico. Todos los sistemas de bombas de presión y propulsión también se sitúan en esta área, así como los sistemas de refrigeración y control de temperatura y humedad, e incluso a veces los sistemas de calefacción y convertidores de calor.

Otra zona de los centros de talasoterapia es el área de personal, que suele ser independiente de las instalaciones hoteleras si las hubiera.

## BIBLIOGRAFÍA


Alén E., De Carlos P., Domínguez T. (2014). "An analysis of differentiation strategies for Galician termal centres". Current issues in tourism. Vo. 17 nº6 pp.499-517.

Armijo M., San Martín J. (1994) Curas Balnearias y Climáticas, Talasoterapia y Helioterapia. Madrid: Complutense.

Badeon BF. (1991) Hydrokinésithérapie et Thalassothérapie. Paris : Encyclopédie Médico-Chirurgicale, 25983B.

Cerrada A. (2007) Talasoterapia: revisión de artículos médicos publicados en los últimos 20 años. An. Hidrol. Med., 2:151-166.

Charlier R.H., Chaineux M-C. P. (2009). "The Healing Sea: A Sustainable Coastal Ocean Resource: Thalassotherapy". Journal of Coastal Research, Vol. 25, No. 4, pp. 838-856.

Crecente J.M., Santé I., Díaz C., Crecente R. (2012). "A multicriteria approach to support the location of thalassotherapy (seawater therapy) resorts: Application to Galicia region, NW Spain".Landscape and Urban Planning 104, pp.135– 147.

Crisóstomo M. (2007) Baños de mar, imágenes del pasado. Tribuna Termal 6:24-29.

Gómez C. P. (2012). "Aspectos físicos de los peloides para uso en termoterapia" Universidade de Vigo, (Vigo).

Hataguchi Y., Tai H, Nakajima H, Kimata H. (2005). "Drinking deep-sea water restores mineral imbalance in atopic eczema/dermatitis syndrome".Eur J Clin Nutr.; 59(9):1093-6.

Mourelle L., Meijide R., Freire A., Maraver F., Carretero M.I. (2009). "Técnicas hidrotermales y estética del bienestar". Ed. Paraninfo.

Mourelle L., Sabater I. (2013). "Spa y wellness. Manual para terapeutas". Estética & Wellness S.L.

Mourelle, M.L. (2006). "Caracterización termofísica de peloides para aplicaciones termoterapéuticas en centros termales". Universidade de Vigo, (Vigo).

Nomura T. (1991). "Developmental Project of Thalassotherapy in the Japanese Coastal Area". Marine Pollution Bulletin. Vo. 23, pp. 339-342.

San José JC. (2002) Establecimientos de Talasoterapia: conceptos actuales. Bol. Soc. Esp. Hidrol. Med. 17(1):7-17.

San Martín J. (1994). "Peloides en general. Características físicas, efectos biológicos e indicaciones terapéuticas". En: Armijo, M., San Martín, J., eds. Curas balnearias y climáticas. Talasoterapia y Helioterapia. Ed. Complutense, Madrid, pp.315-331.

San Martín J. (1995) Talasoterapia: proyección terapéutica actual. An. R. Acad. Nac. Med. (Madrid) 112 (2): 347-79.

# Modelación fractal con Sierpinsky para la colocación de productos financieros

María Ramos-Escamilla*, Janeth Pouget, Pedro Muñoz, Antonio Hernández

*Instituto Tecnológico de Pachuca. Departamento de Posgrado e Investigación. Miembro del SNI-N1-CONACYT.E-Mail: ramos@itpachuca.edu.mx

** Universidad Tecnológica de México. Departamento de Administración de Negocios

## RESUMEN

En este artículo vamos a obtener la rentabilidad financiera de Aeroméxico mediante la modelación de las variables: depreciación, salarios y teneduría, Grupo Aeroméxico, S.A.B. de C.V., es una sociedad controladora, cuyas subsidiarias se dedican a la aviación comercial en México y a la promoción de programas de lealtad de pasajeros. Aeroméxico, la aerolínea global de México opera más de 600 vuelos diarios y su principal centro de operaciones está localizado en la Terminal 2 del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Su red de destinos alcanza más de 80 ciudades en tres continentes: 46 en México, 16 en Estados Unidos, 16 en Latinoamérica, tres en Canadá, cuatro en Europa y dos en Asia.

**Palabras Clave:** Finanzas Internacionales, Teneduría, Rentabilidad en el Mercado, Salarios, Depreciación

**Abstract**

In this article we will obtain the financial profitability of Aero Mexico by modeling of variables: depreciation, wages and bookkeeper, Grupo Aeroméxico, S.A.B. de C.V., is a holding company whose subsidiaries are engaged in commercial aviation in Mexico and the promotion of passenger loyalty programs. Aero Mexico, Mexico's global airline operates more than 600 daily flights and its main hub is located at Terminal 2 of Mexico City International Airport. Its route network reaches more than 80 cities on three continents: 46 in Mexico, 16 in the United States, 16 in Latin America, three in Canada, four in Europe and two in Asia.

**Keywords:** International Finance, keeping, market returns, Wages, Depreciation

## INTRODUCCIÓN

Para definir la rentabilidad de la empresa en el mercado financiero, utilizamos 3 variables, las cuales son: salario, depreciación y teneduría, para los modelos que explicaremos a continuación, hicimos uso de las siguientes variables tomadas en el mes de Abril de 2016.

| Variable | Definición | Valor |
|---|---|---|
| W | Salario en México | 69.26 |
| E | Exposición | 17.56 |
| C | Cobertura | 17.56 |
| ∞ | Finito | 1 |
| ϴ | Infinito | -1 |
| V | Valor de venta | 40.43 |
| Cpm | Valor de compra | 40.25 |
| Ɗi | Divisa directa | .056 |
| Ɗi̲ | Divisa indirecta | 17.54 |
| CF | Capital fijo | 1 |
| CV | Capital variable | .99 |
| TC | Tipo de cambio | 17.55 |
| A | Apalancamiento | .25 |
| AC | Acciones en circulación | 711,088,074 |
| π | Inflación | 2.60 |
| Dϖ | Deflación | 2.12 |
| Y | Inversionistas | 100 |

Para la modelación de la variable teneduría tenemos que es igual al logaritmo de los inversionistas menos el neperiano de la inflación, sustrato del valor de venta de las acciones, elevado a la 0.618, el valor obtenido de la operación anterior sustrato de la deflación sustrato del valor de compra de las acciones, elevado a la media dorada, todas las operaciones anteriores se elevan al valor del tipo de cambio menos el apalancamiento.

$$T = \left( \frac{\left( \frac{\log y - \ln \pi}{V} \right)^{1/2}}{\left( \frac{D\pi}{Cpm} \right)^{3/4}} \right)^{7} \qquad (1)$$

Sustituimos valores y tenemos que la teneduría es igual al logaritmo de 100 menos el neperiano de 2.60, sustrato de 40.43, elevado a .5, el valor obtenido de la operación anterior sustrato de 2.12 sustrato de 40.25, elevado a .75, todas las operaciones anteriores se elevan al resultado de 17.55 menos .25

$$\left( \frac{\left( \frac{\log 100 - \ln 2.60}{40.43} \right)^{.50}}{\left( \frac{2.12}{40.25} \right)^{.75}} \right)^{17.55-.25} = \left( \frac{.1581}{.1088} \right)^{17.3}$$

El resultado del logaritmo de 100 menos el neperiano de 2.60, sustrato de 40.43, elevado a .5, nos da un valor de .1581, el valor obtenido de la operación anterior sustrato del resultado de 2.12, sustrato de 40.25, elevado a .75, nos da un resultado de .1088, los valores obtenidos se elevan a 17.3 de la resta de 17.55 menos .25.El valor obtenido de la primer operación .1581 sustrato del valor obtenido de la segunda operación .1088, elevado a 17.3 nos da un valor de 618.96, al tratarse de un número grande, se utiliza un logaritmo, dándonos como resultado final un valor de 2.79 para la teneduría.

$$(1.45)^{17.3} = log 618.96 = 2.79$$

Para la modelación de la variable teneduría, tenemos que es igual al límite de inversionistas menos derivada sustrato de derivada uno de la inflación, sustrato del valor de venta de las acciones, elevado a la 0.618, el valor de la operación anterior sustrato de la deflación, sustrato del valor de compra de las acciones, elevado a la media dorada, todas las operaciones anteriores se elevan al valor del tipo de cambio menos el apalancamiento.

$$T = \left( \frac{\left( \frac{\lim\ y - \frac{d}{d_1}\pi}{V} \right)^{1/2}}{\left( \frac{D\pi}{Cpm} \right)^{3/4}} \right)^{TC-A} \qquad (2)$$

Sustituimos los valores y tenemos que la teneduría es igual al límite de 100 menos .5 que multiplica a 2.60, sustrato de 40.43, elevado a .5, el valor obtenido de la operación anterior sustrato de 2.12, sustrato de 40.25, elevado a .75, los valores obtenido en las 2 operaciones anteriores, se elevan al resultado de 17.55 menos .25

$$\left( \frac{\left( \frac{.68(100) - .5(2.60)}{40.43} \right)^{.5}}{\left( \frac{2.12}{40.25} \right)^{.75}} \right)^{17.55-.25} \qquad \left( \frac{(1.64)^{.5}}{.1088} \right)^{17.3}$$

El resultado del límite de 100 menos .5 que multiplica a 2.60, sustrato de 40.43, elevado a .5, nos da un valor de 1.28, el valor obtenido de la operación anterior sustrato de 2.12, sustrato de 40.25 , elevado a .75 nos da un valor de .1088, los valores obtenidos se elevan a 17.3, de la resta de 17.55 menos .25.El valor obtenido de la primer operación 1.28 sustrato del valor obtenido de la segunda operación .1088 elevado a 17.3 nos da un valor de 3,296,451,315,258,469,400, al tratarse de un número grande, se utiliza un logaritmo, dándonos como resultado final un valor de 18.51 para la teneduría.

$$\left( \frac{1.28}{.1088} \right)^{17.3} = 18.51$$

Para la modelación en Koch de la variable teneduría, tenemos que es igual a los inversionistas elevados a la 0.618 menos la inflación elevada a la media dorada, sustrato del valor de venta de las acciones, elevado a la parcial sustrato de parcial 1, el valor de la operación anterior sustrato de la deflación, sustrato del valor de compra de las acciones, elevado a parcial sustrato parcial 2, todas las operaciones anteriores se elevan al valor del tipo de cambio menos el apalancamiento.

$$T = \left( \frac{\left( \frac{Y^{1/2} - \pi^{3/4}}{V} \right)^{\partial/\partial_1}}{\left( \frac{D\pi}{Cpm} \right)^{\partial/\partial_{11}}} \right)^{TC-A} \qquad (3)$$

Sustituimos los valores y tenemos que la teneduría es igual a 100 elevado a .5 menos 2.60 elevado a .75, sustrato de 40.43, elevado a .25, el valor obtenido de la operación anterior sustrato de 2.12, sustrato de 40.25 , elevado a .75, los valores obtenido en las 2 operaciones anteriores, se elevan al resultado de 17.55 menos .25

$$\left( \frac{\left( \frac{100^{.5} - 2.60^{.75}}{40.43} \right)^{.25}}{\left( \frac{2.12}{40.25} \right)^{.75}} \right)^{17.55-.25}$$

El resultado de 100 elevado a .5 menos 2.60 elevado a .75, nos da un valor de .666, el valor obtenido de la operación anterior sustrato de 2.12, sustrato de 40.25 , elevado a .75 nos da un valor de .1088, los valores obtenidos se elevan a 17.3, de la resta de 17.55 menos .25

$$\left(\frac{.666}{.1088}\right)^{17.3} (6.12)^{17.3} = 13.61$$

El valor obtenido de la primer operación .666 sustrato del valor obtenido de la segunda operación .1088 elevado a 17.3 nos da un valor de 40,813,101,862,459.91 al tratarse de un número grande, se utiliza un logaritmo, dándonos como resultado final un valor de 13.61 para la teneduría en el método Koch.Para la modelación del capital fijo menos neperiano de capital variable sustrato de tipo de cambio sustrato de inflación elevado a la browniano sustrato media dorada.

$$D = \left[\frac{\log CF - \ln CV}{\frac{TC}{\pi}}\right]^{\frac{3}{4}\,\frac{1}{2}} \qquad (4)$$

Se sustituyen valores el logaritmo del capital fijo igual a 1 menos el neperiano de capital variable por .99 sustrato de tipo de cambio de 17.55 sustrato de inflación por 2.60 elevado a la 0.618 .5 sustrato media dorada .75

$$\left[\frac{\log 1 - \ln .99}{\frac{17.55}{2.60}}\right]^{\frac{.75}{.25}} \left[\frac{0 - .01}{6.75}\right]^{3} \left[\frac{.01}{6.75}\right]^{3} = [.0014]^{3} = 0.00000002$$

Realizando cálculos del logaritmo del capital fijo igual a 1 nos da 0 menos neperiano de capital variable por .99 son - .01 sustrato de tipo de cambio de 17.55 sustrato de inflación por 2.60 es igual a 6.75 elevado a la browniano .5 sustrato media dorada .75 nos da un valor de 3. Determinando el resultado de las restas y sustrato y elevado a la potencia se determinan un valor de 0 .00000002. Se formula el límite de capital fijo menos sustrato de diferencial 1 por capital variable sustrato de tipo de cambio sustrato de inflación elevado a la media dorada sustrato de 0.618

$$\left[\frac{\lim\ CF - \frac{d}{d_1} CV}{\frac{TC}{\pi}}\right]^{\frac{3/4}{1/2}} \qquad (5)$$

Se sustituyen valores el límite .68 por el capital fijo 1 menos sustrato de diferencial 1 .5 por capital variable .99 sustrato de tipo de cambio 17.55 sustrato de inflación 2.60 elevado a la media dorada .75 sustrato de browniano .5

$$\left[\frac{(.68)(1) - (.5)(.99)}{\frac{17.55}{2.60}}\right]^{\frac{.75}{.25}} \left[\frac{.68 - .49}{6.75}\right]^{3} = \left[\frac{.19}{6.75}\right]^{3} \quad (.02)^{3} = 0.000008$$

Se desarrolla en multiplicar el límite .68 por el capital fijo 1 es igual a .68 menos sustrato de diferencial 1 .5 por capital variable .99 es igual a .49 sustrato de tipo de cambio 17.55 sustrato de inflación 2.60 es igual a 6.75 elevado media dorada .75 sustrato de browniano .5 igual a 3. El resultado de la multiplicación y sustrato es igual a .02 elevado a la potencia de tres se determina un valor de 0.000008. Para modelación de lema Koch se formula capital fijo elevado a la 0.618 menos capital variable elevado a media dorada sustrato de tipo de cambio sustrato de inflación elevado a la parcial una sustrato de parcial 11

$$\left[\frac{CF^{\frac{1}{2}} - CV^{\frac{3}{4}}}{\frac{TC}{\pi}}\right]^{\frac{\partial/\partial_1}{\partial/\partial_{11}}} \qquad (6)$$

Se sustituyen valores capital fijo de valor 1 elevado a la 0.618 .5 menos capital variable .99 elevado a media dorada .75 sustrato de tipo de cambio 17.55 sustrato de inflación 2.60 elevado a la parcial una .2 sustrato de parcial 11 .75

$$\left[\frac{(1)^{.5} - (.99)^{.75}}{\frac{17.55}{2.60}}\right]^{\frac{.25}{.75}} \left[\frac{1 - .99}{6.75}\right]^{.33}$$

Se desarrolla de determinar el capital fijo 1 por la potencia de .50 da un valor de 1, menos el capital variable de .99 por la potencia de .75 de un valor de .99 y el resultado del sustrato de de tipo de cambio de inflación su resultado es 6.75 elevado a la potencia del parcial 1 sustrato de parcial 11 nos da .33. Los resultados de la determinación del resultado de la resta y sustrato elevado a la potencia de .33 es el resultado de .10

$$\left[\frac{.01}{6.75}\right]^{.33} (.001)^{.33} = .10$$

Se determina el Logaritmo de la exposición la cual tiene un valor de 17.56 menos el neperiano de la cobertura que es de 17.56, sobre el antilogaritmo de la diferencia

$W = \left[\frac{Log\ E - Ln\ C}{Antilog\ (AC-E)^{3/4}}\right]^{\alpha+}$ entre las acciones en circulación

menos la exposición elevado a 0.618, a su vez se eleva a la finito menos infinito.

$$\left[\frac{\log 17.56 - \ln 17.56}{Antilog(8.85 - 17.56)^{0.75}}\right]^{1+(-1)} \left[\frac{1.24 - 2.86}{Antilog(8.85 - 17.56)^{0.75}}\right]^{0}$$

Se determina el resultado de la diferencia de logaritmo y neperiano sobre el antilogaritmo de la diferencia de las acciones en circulación y la exposición posteriormente se eleva a la 0.618 para su posterior determinación mediante el exponente cero.

$$\left[\frac{1.24 - 2.86}{Antilog\ (-8.71)}\right]^{0}$$

Mediante el teorema de salarios se determina mediante diferencia de logaritmo de exposición menos el neperiano de Cobertura sobre el antilogaritmo de las acciones en circulación menos la exposición elevado al 0.618, su vez elevado a la adicción de finito más infinito.

$$\left[\frac{-1.62}{Antilog - 8.71}\right]^{0} \left[\frac{-1.62}{-0.15}\right]^{0}$$

La diferencia que en el paso anterior se muestra, nos da como resultado un valor negativo de -1.62, sobre el Antilogaritmo de -8.71 elevado a la potencia 0. En este paso se muestra el resultado de determinar el antilogaritmo de -8.71, seguido se determina la división, elevado a la potencia cero dando como resultado:

$$\left[\frac{lim\ E - \frac{\partial}{\partial 1}\ C}{\partial\ (AC - E)^{\frac{3}{4}}}\right]^{\propto + \emptyset} \tag{7}$$

Mediante nuestro modelo se dice que el salario es igual a la diferencia entre el límite de la exposición menos la diferencia de 1 de la cobertura sobre la diferencial de la diferencia de las acciones en circulación y la exposición elevado a la media dorada, elevado al finito menos infinito.

$$\left[\frac{0.68(17.56) - 0.50(17.56)}{0.15(8.85 - 17.56)^{\frac{3}{4}}}\right]^{\propto + \emptyset} \left[\frac{11.94 - 8.78}{0.15(-8.71)^{0.75}}\right]$$

Los resultados obtenidos del proceso anterior se muestran en la ecuación de arriba, a su vez cabe mencionar que se mantiene el exponente de la diferencia de finito menos infinito.

$$\left[\frac{3.16}{(-1.30)^{0.75}}\right]^{0} \left[\frac{3.16}{1.21}\right]^{0}$$

En el paso anterior, se manejan valores absolutos por la naturaleza del resultado, debido al tipo de cálculo en el cual están inmersos.

$$\left[\frac{E^{\frac{1}{2}} - C^{\frac{3}{4}}}{\frac{1}{2}\frac{d}{d1} + \frac{3}{4}\frac{\partial}{\partial II}(A - E)\frac{\delta}{\delta II}}\right]^{\propto + \emptyset} \tag{8}$$

Mediante la regla del teorema de Koch, deducimos el modelo económico de la siguiente forma la exposición es elevada a la media dorada menos la cobertura elevada a 0.618 la diferencia anterior, sustrato de la media dorada multiplicada por la diferencial de uno más 0.618 multiplicado por la diferencial de el apalancamiento menos la exposición de la diferencial de dos.

$$\left[\frac{(17.56)^{0.5} - (-17.56)^{0.75}}{(0.5)(.25) + (0.75)(1)(8.85 - 17.56)^{0.75}}\right]^{1+(-1)} \left[\frac{4.19 - (-8.57)}{0.025 + 0.75(8.48)}\right]^{0} \left[\frac{12.76}{6.38}\right]^{0} = 2$$

Con base a los cálculos realizados anteriormente llegamos a la conclusión de que mediante el teorema de Koch obtenemos un resultado 2 en base a l análisis realizado a la variable salarios de la empresa Aeroméxico.

## RESULTADOS

Se determinó que la rentabilidad de Aeroméxico en el mercado es X mediante la suma de los 3 modelos por cada variable, sustrato de 3. Mediante la modelación por variable nos da un total de 50.96 sustrato de 3 nos da como resultado 16.98 % de rentabilidad.

## REFERENCIAS


Blanco García, S., Ramos Escamilla, M., Miranda García, M., & Segovia Vargas, M. J. (2013). Securitization vs. subprime. Revista Ciencia, Tecnología e Innovación, 8(7), 499-508.

Cardoso-Vargas, C. E. (2016). Competencia económica en el sector de transporte aéreo de pasajeros en México. Economía Informa, 397, 39-60.

Castro, J. A. M., Chávez, M. F. V., & Rodríguez, C. E. G. (2016). La depreciación del peso mexicano durante 2012-2015 y su efecto en el Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores. Un análisis intersectorial. Economía Informa, 397, 105-121.

Escamilla, M. R., & Torrado, F. M. (2012). Modelación del producto nacional bruto en R3

para la ciencia e investigación. Investigación: cultura, ciencia y tecnología, (7), 31-35.

Escamilla, M. R., & Torrado, F. M. (2013). Tecnología de innovación fractal en el sector agrícola europeo. Investigación: cultura, ciencia y tecnología, (9), 26-31.

Escamilla, M. R., & Vargas, O. R. (2013). GIS'F FRACTAL ANALYSIS WITH PIVOTING GRAPHIC. Rect@, (4), 209.

Escamilla, M. R., Vargas, M. J. S., & García, M. M. (2013). ITERACIÓN FRACTAL DE COMPUTO IFS EN LOS MERCADOS FINANCIEROS. Rect@, (4), 223.

Frausto, J., Álvarez, E., Sánchez, J., Limonchi, P., & Lebrun, J. (2015). Análisis de Portafolios de Inversión para la Bolsa Mexicana de Valores. In Tópicos Selectos de Economía: Volumen III (pp. 1-15). ECORFAN.

García, M. M., Vargas, M. J. S., & Escamilla, M. R. (2013). Técnicas de inteligencia artificial aplicadas a la resolución de problemas económico-financieros: análisis de los factores determinantes del éxito exportador. Enlaces: revista del CES Felipe II, (15), 5.

Medina, R., Urquizu, V., Baños, E., Urquizu, J., & Salinas, O. (2010). Disponibilidad léxica entre estudiantes de 4º grado de secundaria de colegios públicos y privados de la ciudad de Sucre.

Pacheco, C. V., Guerra, E. O., & Loayza, C. J. M. (2010). Procesos de producción del hábitat en un barrio periferico de Sucre con poblacion inmigrante.

Ramírez, R. P., & Escamilla, M. R. (2015). La retracción del Estado ante las nuevas tendencias del mercado global. Investigación: cultura, ciencia y tecnología, (13), 52-57.

Rodríguez-Fariñas, M. J., Romero-Valiente, J. M., & Hidalgo-Capitán, A. L. (2016). Los exiliados económicos. La nueva emigración española a México (2008-2014). Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales, 20.

Sour, L. Avances en la cantidad de la información financiera del sector público en México a raíz de la LGCG (2008-2012). Contaduría y Administración.

Torrado, F. M., & Escamilla, M. R. (2012). Concatenación fractal aplicada a la interpolación de los precios en la Bolsa de Valores de Londres. Ecorfan Journal, 3(6), 48-77.

# LA TEORÍA PURA DEL DERECHO Y DEL ESTADO DE LA ESCUELA DE VIENA

José María Franco García.
M.Sc.,Ph.D (Universidad de Wisconsin)
Doctor en Derecho

Hans Kelsen nace en Praga el 11 de octubre de 1881. Sigue sus estudios en Viena y se doctora en Derecho en 1906. Estudia en Heidelberg y Berlín. En 1911 obtiene, en la Universidad de Viena, el cargo de "privatdozent" para Derecho político y Filosofía Jurídica. En 1919 corona su carrera obteniendo el cargo de profesor ordinario en la Facultad de Derecho de Viena, en donde explica hasta 1930, año en que acepta la cátedra que le ofrece la Universidad de Colonia. En 1933 abandona la actividad docente en Alemania por incompatibilidad en el régimen nazi. yéndose a Praga hasta 1940, que es cuando se traslada a EE.UU. Fallece en Berkeley, California, en 1973.

Su primer trabajo es una monografía de carácter histórico sobre la teoría del estado de Dante, "*Die Staatslehre des Dante Alighieri*" (1905). En seguida se consagra a los estudios puramente teóricos sobre el Derecho, surgiendo en 1911 su primera gran obra: "*Hauptprobleme der Staatsrechtslehre, entwickelt aus der Lehre von Rechtssatz*" (Problemas capitales de la doctrina del Derecho político, desarrollados partiendo de la doctrina del precepto jurídico). Expone en esta obra que el Derecho consiste por esencia en normas, deber ser, por lo tanto; su teoría es una ciencia normativa, una doctrina de la proposición o precepto jurídico, o sea del Derecho objetivo. Consagra posteriormente su atención a la filosofía neokantiana de la Escuela de Marburgo, estudiando muy especialmente las obras de Cohen, que le brindan nuevos fundamentos para su método y algunas sugestiones. Kelsen siempre había orientado sus estudios hacia el espíritu de la filosofía kantiana, encontrando una firme base en la radical oposición kantiana entre el "ser" y el "deber ser".

A partir de estos estudios se preocupa de lograr la pureza del método jurídico frente a posiciones de carácter político, tendencias que habían venido perturbándolo. Así en su trabajo sobre la teoría del negocio jurídico-público: "*Zur Lehre vom oeffentlich Rechtsgeschaft*" (1913), señala la necesidad de prescindir en la teoría pura del Derecho de toda doctrina sobre la justicia o conveniencia de las distintas instituciones, y limitarse únicamente a captar la estructura esencial de las mismas, es decir, sus conceptos formales.

La tercera de sus grandes obras aparece en 1920 con el título de "*Das Problem der Souveränität und die Theorie des Völkerrechts*". Completa con ella su pensamiento sosteniendo la identidad absoluta de Estado y Derecho y la necesidad de una unidad sistemática que domine a todas las normas supuestas como Derecho positivo vigente, aprovechando la teoría de su discípulo Adolf Merkl sobre el "Sistema escalonado o graduado de las normas jurídicas". Para precisar más la identidad entre Estado y Derecho, y defenderse de críticas, publica sobre el concepto sociológico y el concepto jurídico del Estado ("*Der soziologische und der juristische Staatsbegriff*",1922), proponiéndose demostrar que el concepto del Estado sólo nos lo puede proporcionar la teoría jurídica, y que jamás un estudio sociológico llegará a captar la esencia del mismo.

En 1925, en la colección de la gran *Enciclopedia de las Ciencias jurídicas y sociales,* publica su *"Allgemeine Staatslehre",* (Teoría General del Estado), obra en la que resume todas sus investigaciones y desarrolla sistemáticamente su construcción, partiendo de la tesis de que el Estado es un orden normativo coercitivo, y que todos los problemas de la Teoría general del Estado son estrictamente problemas jurídicos y sólo resolubles desde este punto de vista.

En nuevas publicaciones desarrolló temas tratados o esbozados anteriormente y no replicados en controversia a varias de las críticas que se formularon contra sus doctrinas. Obras de otra naturaleza fueron: "*Politische Weltanschauung und Erziehung*" (Concepto del mundo y

educación política), 1920; "*Sozialismus und Staat*" (Socialismo y Estado), 1920; "*Marx oder Lasalle*" (Marx o Lasalle), 1924; "*Das Problem des Parlamentarismus*" (El problema del Parlamentarismo), etc.

La producción de Kelsen ha sido de una influencia enorme en el pensamiento jurídico de los últimos tiempos. Su pensamiento jurídico es uno de los ejes sobre los que ha girado la Teoría fundamental del Derecho. Su "doctrina pura del Derecho" constituye el primer gran ensayo de una Teoría de la Ciencia jurídica, con método riguroso y sobre un plan sistemático. En el campo de la Teoría general del Estado su obra ha producido honda conmoción, culminando con la reducción de la teoría del Estado a teoría jurídica. Se depura y se matiza con severa precisión ese estudio del Estado como orden jurídico, apareciendo entonces, con claridad, inexorables limitaciones de esa teoría puramente jurídica del Estado, poniéndose nuevamente en entredicho sus columnas fundamentales. Y la crisis de las instituciones modernas se agravó directamente por algo de indudable importancia como es la concepción del Estado y el Derecho.

Por todo lo anterior, hacemos un repaso breve pero necesario de lo que debemos tener siempre en mente, por formar parte de nuestra cultura jurídica.

## INFLUENCIA DE KANT

"No conocemos" a priori "de las cosas más que lo que nosotros ponemos en ellas", dice Kant, y todo aquello que nosotros ponemos en ellas tiene como presupuesto las sensaciones, nuestras sensaciones: sólo de las cosas nos son conocidos los simples objetos de la experiencia, los fenómenos. Sin embargo, el entendimiento se forja la representación de la cosa en sí, no como se aparece en la experiencia sensible, teniendo la ilusión de poder aprehenderla, lo que es imposible, porque para esa aprehensión no se dispone de más medios que la experiencia y la cosa en sí, queda, evidentemente, fuera del ámbito de la experiencia. Esta cosa en sí, fuera del ámbito de la experiencia es lo que Kant llama "nóumeno", que es el objeto no susceptible de conocerse sensiblemente, es lo que la cosa es en sí. Algo incognoscible por consiguiente, porque nosotros solo conocemos aquello que nos llega sobre los datos de la sensibilidad. Heidegger abundaría en esta temática.

Sobre estos pilares levanta Kant su Teoría de la Ciencia, no sobre el conocimiento obtenido por fenómenos que recorren nuestros sentidos, sino lo que de las cosas se nos da una vez seguido el proceso anterior. Su teoría de la ciencia es la "*Crítica de la razón pura*".

La Teoría de la Ciencia no correspondería ser aplicada al Derecho, campo de la razón práctica. Pero la manifiesta influencia de la "*Crítica de la razón pura*" sobre pensadores posteriores, y el deseo de convertir la ciencia del Derecho en una ciencia rigurosa, fue lo que dio origen; primero a las doctrinas de Stammler, y después a la "*Teoría pura del Derecho*" de Kelsen.

Estas directas influencias del pensamiento kantiano en la gestación de determinadas posiciones kelsenianas, se manifiestan con meridiana claridad en el punto de partida de su teoría del Derecho y del Estado. La Filosofía transcendental de Kant, dice Recaséns Siches, parte del "factum" de la Ciencia física; lo que hace es estudiar las condiciones de su posibilidad, o, dicho del otro modo, explicar las condiciones de su validez. Kelsen parte del "factum jurídico", de la existencia del Estado como un orden normativo, como un conjunto de normas ordenadas, y su teoría pretende dar las condiciones de la posibilidad del orden jurídico, es decir, explicar, aclarar los fundamentos del mismo, o sea, explicar por qué el Derecho es Derecho y cuáles son los principios de su conocimiento, lo cual equivale a investigar en qué consiste el Derecho".

## PRESUPUESTOS LÓGICOS

La teoría de Kelsen no aborda problemas ideales, se limita a la elaboración de una teoría lógica pura del Derecho positivo. Además, como toda teoría pura del Derecho, se ha de limitar a conceptos formales, excluyendo toda consideración teleológica y toda valoración del Derecho. "Ella – dice - aspira a exponer el Derecho tal como es, sin legitimarlo por su justicia ni descalificarlo por su injusticia; preguntase por Derecho real y posible, no por el Derecho justo".

Afirma Kelsen que introducir en la Jurisprudencia los momentos de "origen" y "fin" constituye una falta tan grave como definir la esfera explicando las cualidades del material concreto de un caso particular de la misma. Compara, pues, la misión de la Teoría Jurídica pura frente a los fenómenos jurídicos con la misión de la Geometría frente a los cuerpos: así como la Geometría no explica los materiales de que están formados los cuerpos, ni su origen, ni las reglas del arte de hacerlos, del mismo modo la Teoría Jurídica no puede ni debe ocuparse de la naturaleza, de los contenidos sociales, del arte de elaborar normas conducentes a fines determinados.

Por lo tanto, así como la Ciencia Jurídica no se pregunta por el origen de las normas, sino que las "presupone", como la Ciencia física "presupone" el "factum físico", así tampoco puede plantearse la cuestión acerca de cuál sea el fin para que fueron creadas. Es más, no se puede negar esa

presunción de la que se parte, y que es base primordial, sin temor fundado de que se derrumbe toda la armazón. Para Kelsen, el Derecho es posible y explicable porque en su base hay una "norma fundamental". Este cimiento de toda la doctrina jurídica y al propio tiempo del Derecho es algo "supuesto', consecuentemente, algo "hipotético" en puridad.

Vemos cómo surge Kant de nuevo. Mas ello no quiere decir que se valoren antes lógicamente los problemas del Derecho, lo que sucede es que si la Ciencia del Derecho debe operar como una lógica pura del conocimiento jurídico se entra en el campo metafísico, aunque Kelsen no lo desee. Él dice: "La teoría jurídica se convierte en un análisis de la estructura del Derecho positivo"; quita de este lo mudable y sólo deja aquello que puede ser aprehendido por un conocimiento formal y general".

## DEPURACIONES

Kelsen nos dice que si la Teoría del Derecho quiere ser una verdadera ciencia, una ciencia pura, ha de ser un conocimiento puro, explicando la pureza de su doctrina en el sentido de que excluye todos los que sean elementos extraños - éticos, políticos históricos, naturalistas, metafísicos, sociológicos, etc. - Así plantea la depuración en dos direcciones: de una parte, frente a la tendencia sociológica ("la Sociología es una ciencia de fenómenos limitada al campo del "ser"); de otra, frente a la tendencia ético- política, que estudia las normas jurídicas atendiendo a las finalidades concretas que sirven.

La Sociología es una ciencia de fenómenos, el Derecho es una ciencia de normas. Categoría de la Sociología es el "ser", categoría del Derecho es el "deber ser". La Sociología se ocupa del acontecer humano bajo una determinada situación, Un "deber ser" son las normas puesto que éstas implican el concepto de algo que debe ser, independientemente de que la realidad ocurra o no. No es que niegue, como los positivistas, legitimidad a los problemas acerca del ideal jurídico; lo que sostiene es que esos problemas son metajurídicos y no pueden formar parte de la Teoría pura del Derecho.

De la teoría pura del Derecho deben ser eliminadas no sólo las explicaciones causales, sino también toda consideración teleológica, que es propia de la Política. La Jurisprudencia sólo puede estudiar los elementos formales del Derecho, que son precisamente los que le constituyen en tal. De los contenidos, en cuanto a sus orígenes y fines, se ocupan, respectivamente, la Sociología y las disciplinas ético-políticas e históricas.

Así, hablando de la necesidad de comenzar a romper la conexión en que se ha presentado siempre el Derecho con la Moral, dice que "ello no significa que se niegue valor al postulado de que el Derecho deba ser "moral", es decir, bueno. Este postulado es evidente, lo que rechaza es la concepción según la cual el Derecho, considerado en sí mismo, es una parte de la Moral, y que, por tanto, es, en cuanto tal Derecho, en algún sentido y hasta cierto punto, un fenómeno ético.

Recaséns Siches recoge acertadamente la distinción kelseniana entre Derecho y Moral: "Sea cual sea el origen de los contenidos de la norma moral, ésta es válida para mí sólo en cuanto mi conciencia la promulga. En cambio, el Derecho es en sí heterónomo, porque es totalmente indiferente a su validez con la posición que adopte la conciencia de sus súbditos con respecto a él: representa una norma exterior en cuanto no necesita proceder de la conciencia y valer por la misma, sino que es dictada por algo extraño al individuo. Cierto que, en la mayoría de los casos podrá coincidir con ideas morales del individuo, pero esto no es esencial al concepto lógico del Derecho. El Derecho vale o está vigente no porque las conciencias individuales o la opinión pública lo haya admitido o elaborado, sino en cuanto ha sido dictado por el Estado".

¨Detrás de todo esto - dice Maravall - lo que Kelsen pretende es eliminar aquello que se alcanza por un conocimiento "a posteriori", o todo aquello también que no tiene relación con la experiencia en el sentido kantiano, aquello que procede de una intuición no sensible. Es decir, que busca establecer el Derecho como un conocimiento apriorístico, formal y universal". En rigor, lo que Kelsen realiza es una aplicación por analogía del conocimiento físico formal a una esfera de fenómenos que no son los físicos sino los jurídicos.

## LA NORMA ES UN PURO ¨DEBER SER¨

La norma es un puro "deber ser". Si A es, debe ser B. El Derecho sólo puede ser considerado como un "deber ser", de esta manera todos los problemas se concentran en torno a la doctrina de la estructura lógica de la "proposición" o "precepto jurídico".

Entendiéndose por Naturaleza el mundo del "ser" en todos los órdenes de la realidad, todos los fenómenos caen bajo el concepto de Naturaleza. La Naturaleza está regida por leyes de la causalidad (las leyes naturales nos dicen de un hecho determinado, causa, se da otro determinado, efecto); es más, que los objetos de la Naturaleza no sólo se comportan de hechos en una forma determinada sino que "necesariamente" tienen que comportarse así. No caben, por tanto, excepciones a la Ley natural.

La sanción no sigue a la transgresión jurídica como efecto a una causa; sin embargo, se puede decir que jurídicamente

la sigue siempre, aunque algunas veces deje de aplicarse. En esto observamos la diferencia de una ley natural a una ley jurídica. En el campo físico el efecto sigue irremisiblemente a la causa. En el campo jurídico lo que la norma estatuye "debe ser" simplemente. La esencia de la norma y su validez es por completo de que cumpla o no realmente su fin, es decir, que provoque realmente la conducta que establece. No obstante, cuando se dice que si se realiza el hecho "debe" aplicarse la consecuencia jurídica, este "deber ser" no produce por sí mismo la observancia de la norma, sino el hecho psicológico de que los hombres se la representen en su conciencia.

Pues bien, en oposición a Ciencias de la Naturaleza, del ser o de fenómenos que sólo anuncian o explican "el modo efectivo como son" sus objetos, hay otras ciencias llamadas normativas, que exponen reglas preceptivas de una conducta determinada, un "ser" o "no ser" determinados - reglas que expresan un "debe ser" -, consistiendo, por tanto, su objeto de normas. Estas normas no anuncian lo que ha sucedido, sucede o sucederá, sino lo que "debe ser". La norma no es jamás una aplicación de la ley de la causalidad, pues no sientan nunca sus contenidos como efectos necesarios de una causa, sino como consecuencias ideales de un "deber ser".

Este "deber ser" no constituye un imperativo, sino un juicio hipotético. Legaz Lacambra, Rector que fue de la Universidad de Santiago de Compostela durante muchos años, catedrático de Filosofía del Derecho, hizo una exposición ya temprana de la estructura lógica del precepto jurídico, tratada por extenso en su *Introducción a la Ciencia del Derecho,* manual docente que estuvo de texto durante varias décadas en el pasado siglo, cuando tuvimos ocasión de seguir sus enseñanzas, que se mantienen en vigor.

"La norma establece una vinculación entre dos hechos en la forma del "deber ser"; ahora bien, el "deber ser" es una categoría ontológica contrapuesta a la esfera del "ser". Un imperativo, en cambio, es el hecho de que una voluntad psicológica ha expresado su querer; pero, la voluntad psicológica pertenece a la naturaleza, al ser, y por tanto, la manifestación de dicha voluntad es un hecho natural que puede producir consecuencias en el orden del "ser", pero es no susceptible por esencia para fundamentar un "deber ser". El "deber ser", en efecto, presupone la voluntad libre; presupone, por tanto, que lo acaecido tiene por causa última la voluntad de quien ejercía el hecho; ahora bien, si se supone que la norma es un imperativo y que uno obra de acuerdo con la norma; comoquiera que el imperativo pertenece a la naturaleza, habría que concluir que la voluntad obediente que cumplió la norma había sido, a su vez, causada por la voluntad imperante o, lo que es lo mismo, habría que afirmar que dicha voluntad obediente no había sido libre: pues la libertad de la voluntad significa ser causa no causada o, más exactamente, no ser causa... sino punto final de la imputación del hecho realizado. Un determinado hecho, independiente de las causas naturales que le han producido, es "imputado" por las normas a una voluntad. Si yo cumplo un acto de acuerdo con la norma a la que obedezco, una de dos: o dicha norma es un imperativo, pero entonces mi voluntad obediente no ha sido más que el "efecto" de la voluntad imperante y solo ésta, pero no la mía ha sido libre; o bien mi voluntad obediente ha sido libre, es decir, sólo a ella hay que imputar en última instancia el hecho cumplido, pero entonces la norma no tiene la significación de un imperativo... sino tan solo un "deber ser", en el cual, mi voluntad libre es la condición para que la consecuencia establecida en la norma sea realizada, es decir, en definitiva, para que la norma entre en vigor".

La norma es, pues, en esta concepción, un juicio hipotético, por cuanto establece como "debida" una cierta conducta, y vincula al hecho de producirse ésta una determinada consecuencia, igualmente, pero solamente "debida".

## CONTENIDO DE LA NORMA. SU ESTRUCTURA.

La norma es un juicio hipotético que contiene la voluntad del Estado sobre su propia conducta ligada a ciertas condiciones. La norma no requiere especial destinatario porque no necesita ser aceptada, obliga aunque se desconozca.

¿Qué contiene la voluntad del Estado? El contenido de la voluntad del Estado es la ejecución forzada de la conducta que establece la norma, Es una ejecución o castigo, es una sanción (algo especial a toda norma jurídica), y de ninguna manera el comportamiento correcto de los súbditos. Una norma cuyo contenido fuera extraño a esa voluntad del Estado no tendría posibilidad de lograr su fin; precisa ineludiblemente que contenga un elemento apto para lograr su fin; este elemento es la sanción... Ello no sucede con las normas morales, en que el mundo imperativo es válido. Sin embargo la mayoría de las veces, los preceptos jurídicos coinciden con las normas morales; armonía que debe exigirse desde el punto de vista ético-político. De hecho cumplen habitualmente los hombres con el Derecho porque concuerda con sus convicciones éticas.

Lo que hace una determinada conducta sea antijurídica es el hecho de que el orden jurídico reaccione contra esa conducta con un acto de coacción. Por consiguiente, la estructura lógica de la proposición o precepto jurídico es la siguiente: "Bajo determinadas circunstancias (una determinada conducta de los hombres) el Estado debe ejercer determinadas acciones colectivas (ejecución y castigo)". Éste

es el sentido en el que se atribuye al orden jurídico el carácter de coactivo. El fundamento del mismo no es sino la validez objetiva de las normas.

El deber jurídico revestido con la fórmula de una norma, cuya validez descansa en el supuesto de que "debe ser" evitar la coacción establecida bajo determinadas circunstancias, constituye lo que Kelsen denomina " norma jurídica secundaria". La "primaria" es la que ordena un acto de coacción estatal, y contiene como condición para que se realice éste la conducta contraria a la norma secundaria. En la proposición que vemos antes, "norma secundaria· constituye este enunciado: en determinadas condiciones un hombre determinado debe conducirse de un modo determinado"; y " norma primaria ": si no se comporta así, otro hombre - el órgano del Estado- debe practicar contra él de una manera determinada un acto coactivo (pena o ejecución forzada). La norma secundaria desde un punto de vista estrictamente riguroso resulta superflua. En realidad, su formulación solamente sirve para comprender mejor la esencia del deber jurídico.

Una manifestación de que el Estado liga determinados hechos a actos propios coactivos la vemos en los códigos penales. Si las leyes civiles no lo hacen así es porque en su contenido está expuesta y subsumida la ejecución, como consecuencia del incumplimiento del deber jurídico, ya que dicha ejecución es "común en su forma" a todas las violaciones a las leyes civiles, mientras que la pena varía en los diversos casos.

Se ha escrito de voluntad. El concepto jurídico de voluntad no es más que un caso especial de una operación mental llamada "imputación normativa". Imputación es el enlace de dos o más elementos en la norma. Con esto llegamos a una de las ideas angulares de la doctrina kelseniana. Todos los juristas coinciden en afirmar que el Derecho positivo es la expresión de la voluntad del Estado. Preguntándonos cuáles son los actos de los individuos que deben imputarse al Estado, surge la contestación de que la ley jurídica lo determina. De esto se deduce que el concepto de voluntad del Estado es de idéntica esencia que la voluntad jurídica de las demás personas, es decir, es término de una imputación jurídica.

La personalidad del Estado es, por lo tanto, "jurídica", o sea, "creada por el Derecho", y no algo natural. Pero esa voluntad del Estado, que es lo único que éste tiene no es un hecho psíquico consciente sino un "punto Ideal de imputación", es decir, " la unidad del orden jurídico".

## DERECHO Y ESTADO

La teoría de Kelsen ofrece, simplemente, una exposición del derecho objetivo. La llamada "pretensión" del derecho subjetivo se funda, asimismo, en la estructura lógica del precepto; rechaza que constituya algo distinto de la proposición jurídica y la considera como un mero aspecto de la subjetivación de esta. Los derechos subjetivos, en especial los denominados derechos fundamentales y de libertad (derechos de libre elección de domicilio, de locomoción, de reunión, de asociación) solamente tratan de formas de manifestación del derecho objetivo. Puede definirse el derecho subjetivo como "el mismo precepto jurídico en relación con aquella persona a cuya disposición se confía que se realice o no el acto coactivo sancionador, establecido en el mismo ".

Sujeto de derecho no es una substancia distinta del orden jurídico sino este mismo, mirado y limitado, desde un cierto punto de vista y concebido metafóricamente bajo la imagen de persona.

Pero no sólo son diversas partes del orden jurídico las que pueden ser miradas bajo esta relación personificadora, sino también el Derecho como un todo. "La unidad del orden jurídico total, concebida como un centro común de imputación de todas las acciones llamadas estatales, es lo que constituye la llamada persona del Estado. Esta, o lo que es lo mismo, el Estado como persona, consiste en el Derecho considerado como una totalidad".

Con esto hemos llegado a otra de las tesis básicas de Kelsen, que el mismo considera la más importante: la identificación de Estado y Derecho. La palabra "Estado" es para él una personificación metafórica del orden jurídico total. La persona del Estado es solamente una expresión hipostática para designar el "sistema del orden jurídico". Con esto Kelsen no hace más que quintaesenciar y desarrollar un precedente germinal latente donde destacan las figuras de la escuela neokantiana de Marburgo.

Kelsen identifica Estado y Derecho. El Estado es una entidad normativa, producto de la construcción jurídica; es la expresión conceptual de la unidad del orden jurídico. A los que manifiestan que el Estado es una realidad les objeta Kelsen que todos aquellos fenómenos en los que se quiere vincular la existencia del Estado como "ser" sólo tienen carácter o significación estatal en la medida en que los concebimos como elementos a qué se refiere el contenido de las normas jurídicas.

La tesis que diferencia el Estado del Derecho sólo sería comprensible en cuanto designa como Derecho la primera parte del precepto jurídico, o sea, la norma secundaria ("en determinadas condiciones un hombre determinado debe conducirse de un modo determinado"), y Estado a la segunda parte o norma primaria ("si no se comporta así entonces otro hombre - el órgano del Estado - debe practicar contra él, de una manera determinada, un acto coactivo"). Ahora bien, esto es inadmisible porque la estructura lógica del precepto jurídico es unitaria y no puede ser descompuesta o disgregada, ya que no cabe una norma jurídica sin sanción.

Concebir al Estado separado del Derecho, como "creador o soporte del mismo", es convertir arbitrariamente una creación lógica en genética. El error de considerar al Estado como creador del Derecho por el mero hecho de ser antes que él y que sin él no pueda pensarse en el mismo, se deriva de la interpretación de la mera prioridad lógica transformándole en genética. El Estado está, por definición, sometido al Derecho.

Por otra parte, no es legítima la opinión de que el Estado pueda ser conocido de dos maneras: Jurídica y sociológicamente, porque esto contradice el principio elemental de unidad de todo conocimiento científico. Si lo correspondiente al método jurídico es el Estado, lo correspondiente al método sociológico no puede ya ser el Estado sino algo distinto. El Estado aparece como el producto del conocimiento jurídico. Lo que hace la Sociología es interpretar hechos sociales a través y valiéndose del orden jurídico. Max Weber, eminente sociólogo, ya dijo que aquello a lo cual la Sociología llama Estado es algo distinto de lo comprendido en el estricto concepto jurídico.

## LA UNIDAD DEL ORDEN JURÍDICO

Se habla de " unidad del orden jurídico". La unidad de este orden jurídico consiste en la posibilidad de referir los preceptos jurídicos vigentes (el Derecho positivo está integrado por leyes, costumbres, reglamentos, resoluciones, sentencias) a la Constitución o norma jurídica fundamental, como su único centro, alrededor del cual se ordenan en círculos concéntricos.

Las diversas clases de preceptos en grados diversos, cada uno de los cuales está condicionado por el superior, es lo que da origen a lo que se ha llamado " estructura escalonada " del orden jurídico, es decir, que la causa de validez de una norma jurídica radica en otra norma que regula la producción de ésta. Aquella norma de la que reciben válidas todas las que constituyen un determinado orden recibe el nombre de "norma fundamental", pero ésta puede a su vez ser parte integrante de un orden superior. Sólo cuando la norma fundamental de un orden jurídico no pertenece a otro sistema de normas establecidas puede decirse que este orden jurídico (Estado) es soberano; no puede estar establecida o puesta de un modo jurídico-positivo, sólo puede ser una "norma supuesta", hipotética, sin una significación jurídica ulterior, es decir, sin referencia a otra norma fundamental, porque se trata precisamente de una norma primaria, expone Sancho Izquierdo.

La validez de lo promulgado según la Constitución, en que se apoyan las leyes dictadas conforme a sus preceptos, puede, a su vez, hallarse en otras constituciones anteriores conforme a las cuales fueron dictadas. Siempre llegaremos a una "primera Constitución en sentido jurídico positivo". El que tenga validez esta Constitución primera, nacida de un modo ordinario, sin o tras una revolución o golpe de Estado triunfante, es algo que no puede ser establecido a base de razones jurídicas positivas. Solamente puede ser "supuesto". La fórmula de este "supuesto" o "hipótesis", que fundamenta la unidad y validez de un sistema jurídico, sería: "aquello que ordene el órgano establecedor de la primera constitución, que será la base positiva del Derecho".

Esta norma originaria, norma fundamental hipotética, se impone, en un principio, como órgano generador del Derecho y forma así la Constitución en un sentido lógico jurídico.

En cuanto el legislador así creado establece normas que regulan la legislación, surge una como etapa inmediata, la Constitución en sentido jurídico positivo, y con ello se establece el fundamento para los demás estadios (mediante negocios jurídicos, leyes, reglamentos, etc.).

---

Llegamos con todo lo expuesto hasta aquí a una explicación que creemos suficiente para entender la Teoría Pura del Derecho de Hans Kelsen, sin tener en cuenta criticables posiciones doctrinales que abundan y que no son tratadas aquí para no hacer este trabajo farragoso.

Se ha elaborado el "paper" teniendo en cuenta parciales contenidos de textos cuyo valor se puede seguir manteniendo como constructos doctrinales, aunque en algunos casos haya transcurrido más de medio siglo. ¿En cuánto han variado las teorías, si acaso, de cuyos textos, sus fechas y editoriales no se incluyen por ser múltiples las ediciones que sobre ellos se han publicado?. Sería materia de otro "paper", quizá para nada esclarecer puntos dudosamente distintos, que dejamos para otros estudiosos:


- Fischbach, O. G., Teoría General de Estado.
- Hauriou, Maurice, Principios de Derecho Público y Constitucional.
- Kelsen, Hans, Teoría General del Estado.
  "Compendio de la Teoría general del Estado", con un estudio preliminar sobre la "Teoría pura del Derecho y del Estado" por Recaséns Siches.
  Legaz Lacambra, Luis, Introducción a la Ciencia del Derecho.
  Maravall, J.A., Los fundamentos del Derecho y del Estado.
  Recaséns Siches, Luis, Los temas de la filosofía del Derecho.
  Sancho Izquierdo, Miguel, 'Filosofía del Derecho y Principios de Derecho Natural.

## 1. INTRODUCCIÓN

Más allá de las típicas curiosidades sobre los "gordos" -primeros premios- de la emblemática y entrañable lotería española de Navidad, no hemos encontrado ninguna mención a un par de caprichos del azar que, por su carácter marcadamente estadístico, estamos interesados en dar a conocer.

Al comprar lotería nacional, muchas personas acostumbran a pedir que el número que van a adquirir acabe en esa cifra por la que tienen más predilección. Las terminaciones son, junto con las fechas relevantes para el comprador, los factores que más influyen cuando se opta por escoger número. Por esa razón, es una tradición que en los días anteriores al sorteo de Navidad, muchos medios de comunicación se hagan eco de que la cifra de las unidades del gordo que más veces ha salido en los 204 sorteos realizados desde el año 1812 hasta 2015 (ambos inclusive) ha sido el cinco y la que menos, el uno. Se ha de tener en cuenta que ha habido 205 números agraciados con el primer premio, puesto que en el año 1837 hubo, excepcionalmente, dos gordos de igual cuantía.

Es bien sabido que si se realiza un experimento aleatorio cuyo espacio muestral (conjunto de todos los posibles resultados) está formado por k sucesos elementales equiprobables, entonces la probabilidad de que ocurra cualquiera de ellos es 1/k. Si consideramos el experimento que consiste en obtener la terminación del gordo de la lotería de Navidad, resulta que los casos posibles son cada una de las diez cifras y, por consiguiente, la probabilidad del suceso "cifra i" (i desde 0 hasta 9) es 1/10 = 0.1.

La *frecuencia teórica* del suceso "cifra i" es el número de gordos que cabe esperar que hayan acabado en esa cifra de entre todos los habidos hasta el momento. Como los sorteos han guardado independencia entre sí, es decir, el gordo que ha salido en un año no ha influido en el gordo que haya salido en ningún otro, se tiene que las frecuencias teóricas de los sucesos "cifra i" son todas iguales a 205 x 0.1 = 20.5. Por otro lado, la *frecuencia observada* del suceso "cifra i" es, simplemente, el número de veces que el gordo ha tenido esa terminación.

Es muy razonable pensar que todas las frecuencias observadas tienen que estar muy cercanas a la frecuencia teórica 20.5, dada la gran cantidad de sorteos ya celebrados. La tabla 1, extraída de la lista de gordos que puede consultarse en [1], muestra el número de veces que ha salido cada cifra no sólo en la posición de las unidades del primer premio, sino también en la de las decenas y centenas.

| Cifras | Centenas | Decenas | Unidades |
|---|---|---|---|
| **0** | 27 | 19 | 20 |
| **1** | 18 | 17 | **8** |
| **2** | 20 | 17 | 13 |
| **3** | 14 | 16 | 20 |
| **4** | 22 | 15 | 27 |
| **5** | 25 | 25 | **32** |
| **6** | 29 | 25 | 27 |
| **7** | 22 | 23 | 20 |
| **8** | 15 | 24 | 22 |
| **9** | 13 | 24 | 16 |

**Tabla 1**

# EL RIESGO IMPORTA

Francisco Tugores Martorell[1],
Laila Francina Tugores Blanco[2]

1. Universidad de Vigo. Facultad de Ciencias. Campus de Ourense
2. Colegio María Auxiliadora, Salesianos, Ourense

En la columna de las unidades llama poderosamente la atención que las frecuencias observadas de las cifras uno y el cinco (en rojo) difieren "demasiado" de 20.5. Estas "anomalías" no sólo sugieren la cuestión de si son justificables, desde un punto de vista estadístico, sino que además motivan una pregunta de carácter más general: ¿existe diferencia estadísticamente significativa entre cómo se han distribuido las terminaciones del gordo de Navidad, a lo largo de estos más de dos siglos de existencia, y cómo tendrían que haberlo hecho en base a la indiscutible aleatoriedad de todos los sorteos? La Estadística, como ciencia formal que es, no debería oponerse a que la distribución de frecuencias observadas pueda ser considerada como el resultado de 205 experimentos realizados bajo la irrefutable hipótesis del azar. Conoceremos su respuesta en la siguiente sección.

Planteemos ahora el otro asunto que queremos abordar. El diagrama de barras de las *frecuencias observadas relativas* de cada cifra, a saber, las frecuencias observadas divididas por 205, es el que se recoge en la figura 1.

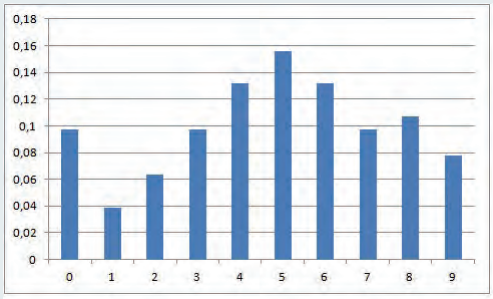



**Figura 1.**

En consonancia con lo que decíamos antes, las alturas de todas estas barras deberían situarse en el entorno de la ordenada 0.1, puesto que ésta es la probabilidad de que cada cifra salga como terminación del gordo, cosa que no sucede.

Consideremos la distribución normal cuya media y desviación típica coinciden con los respectivos parámetros para las cifras de las unidades, a saber, 4.8 y 2.624, respectivamente. La función de densidad de esta distribución es:

$$f(x) = 1/2624 \sqrt{2\pi} \left(e^{-1/2(x-4.8/2624)^2}\right)$$

La silueta que se obtiene uniendo las partes superiores de las barras de la figura 1 en nada se parece a una línea horizontal, como debería, sino que guarda cierta similitud con la gráfica de f (llamada campana de Gauss), la cual puede observarse en la figura 2.

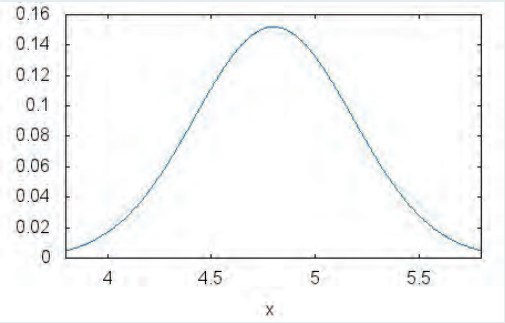



**Figura 2.**

Por otro lado, la figura 3 pone de manifiesto la semejanza que existe entre el histograma de la distribución continua asociada a la repartición de las cifras de las unidades y el histograma que se obtiene a partir de la gráfica de f. En ella recogemos las frecuencias observadas de cada cifra (en azul) y el histograma correspondiente a la distribución normal (en rojo).

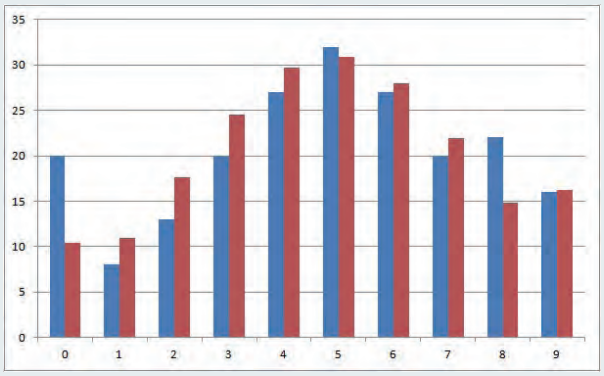



**Figura 3.**

A la vista del parecido entre las alturas de barras azules y rojas, cobra sentido preguntarse si la repartición observada en las terminaciones de los gordos sigue, estadísticamente hablando, la distribución normal que hemos considerado (eliminando algunas terminaciones en cero y unas cuantas en ocho, se daría una gran y desconcertante similitud).

Las distribuciones normales están asociadas a una multitud de fenómenos de la naturaleza, del ámbito de la psicología, sociología, telecomunicaciones..., que nada tienen que ver con el caso que nos ocupa. La respuesta que deberíamos

obtener, con la correspondiente prueba estadística, tendría que ser de nuevo negativa. De no serlo, estaríamos aceptando que cuanto más "centrales" son las cifras de las unidades (más próximas a 5), más probabilidad tienen de salir, algo sin sentido. En la siguiente sección sabremos qué nos dice la Estadística al respecto.

## 2. PRUEBAS ESTADÍSTICAS

La prueba estadística que sirve para comparar una repartición observada con una repartición teórica consiste, sencillamente, en calcular el valor de un índice, que se denota por $X^2$ y se lee chi cuadrado, y, a continuación, compararlo con otro valor que aparece tabulado para tomar una decisión (ver, por ejemplo, [2]). Este índice, también llamado estadístico, mide las divergencias entre los valores de las frecuencias observadas y las teóricas. Para que la prueba tenga validez, hace falta que ninguna de las frecuencias teóricas sea menor que 5, condición que se cumple con holgura en nuestro caso, pues todas son iguales a 20.5.

Si F(i) denota la frecuencia observada de la cifra i, se tiene que:

$$X^2 = [ ( F(0) - 20.5 )^2 + ( F(1) - 20.5 )^2 + \ldots + ( F(9) - 20.5 )^2 ] / 20.5 = [ ( 20 - 20.5 )^2 + ( 8 - 20.5 )^2 + \ldots + ( 16 - 20.5 )^2 ] / 20.5 = 22.073.$$

Ahora, hay que acudir a la tabla de la llamada ley $X^2$ para comparar este valor que hemos calculado con otro valor que aparece en ella. Los valores tabulados dependen de dos parámetros; en primer lugar, del número de grados de libertad $v$, a saber,

$v$ = "número de categorías de la repartición" − 1 = 10 − 1 = 9,

y, en segundo lugar, del riesgo $\alpha$ que estamos dispuestos a aceptar a la hora de tomar una decisión sobre la cuestión planteada. Brevemente, el riesgo es la probabilidad de cometer el error de afirmar que hay diferencia estadísticamente significativa entre la repartición observada y la teórica, cuando realmente no la hay (puede ser escogido tan pequeño como se quiera). Si tomamos $\alpha$ = 0.01 (uno de los riesgos habituales), el valor que encontramos en la tabla es:

$$X^2(v, \alpha) = X^2(9,0.01) = 21.666.$$

Al ser 22.073 mayor que 21.666, la prueba estadística nos lleva a rechazar, con un riesgo del 1%, que la repartición de las terminaciones de los gordos sea el resultado de haber realizado 205 veces un experimento aleatorio (sorteo) en el que todas las cifras tienen la misma probabilidad de salir como terminación. Corriendo el riesgo indicado, debemos concluir, por tanto, que la diferencia existente entre la repartición observada y la teórica sí es estadísticamente significativa, en contra de lo que cabría esperar. Sin duda, este sorprendente y extravagante resultado, sería difícilmente creíble de no haber sido obtenido mediante la aplicación de una incuestionable regla de inferencia estadística.

La conclusión gira en torno a dos valores similares (21.666 y 22.073) debido a que el riesgo elegido de una centésima es muy pequeño. El margen para tomar la decisión de rechazar la aleatoriedad es mucho mayor si se considera $\alpha$ = 0.05 (otro riesgo muy utilizado), ya que $X^2(9,0.05)$ = 16.919 es bastante menor que el valor calculado 22.073.

Hemos querido averiguar desde cuándo sucede que la repartición observada de las terminaciones difiere significativamente de la teórica. Tenemos que remontarnos al año 1980 para encontrar un valor de $X^2$ menor que 16.919. Más precisamente, en 1981 era $X^2$ = 16.941 y en 1980, $X^2$ = 16.621. Resulta que la diferencia viene produciéndose desde hace treinta y cinco años, pero nadie nunca dijo nada. ¡Vaya!

Sin embargo, para las cifras de las decenas y las centenas, se obtienen los valores $X^2$ = 7.244 y $X^2$ = 13.390, respectivamente, ambos menores que 16.919, con lo que no puede deducirse para ellas lo mismo que para las cifras de las unidades. Ahora, nada se opone a aceptar que la repartición de las cifras que ocupan esos lugares sea fruto del azar.

El *Teorema de Bernouilli* (año 1713) dice que *dado un número positivo arbitrario $\varepsilon$, la probabilidad de que la frecuencia observada relativa de un suceso se separe en más de $\varepsilon$ de la probabilidad de que el suceso ocurra tiende a cero, cuando el número de experimentos tiende a infinito*. Por otra parte, la llamada *Ley débil de los grandes números*, que es un corolario del teorema anterior, afirma que *a medida que el número de experimentos se hace infinitamente grande, las frecuencias observadas relativas del suceso van aproximándose a su probabilidad*. En virtud de esta ley, las frecuencias observadas relativas de todas las cifras tienden a 0.1, que es su probabilidad de aparecer como terminación del gordo o, dicho de otro modo, las frecuencias observadas de las terminaciones de los gordos tienden a equilibrarse con el paso del tiempo. Si los sorteos de Navidad no dejaran nunca de celebrarse y viviéramos eternamente, podríamos comprobar que la teoría de probabilidades acaba poniendo las cosas (en este caso, las cifras) en su sitio.

El azar no tiene memoria. La llamada *falacia del jugador,* o *falacia de Montecarlo*, consiste en creer lo contrario; en nuestro caso, se trataría de estar convencidos de que

el suceso "cifra 5" tiene menos probabilidad de ocurrir que los demás, porque esa terminación es la que más veces ha salido, y que, por el contrario, la probabilidad del suceso "cifra 1" es mayor que la de los otros, porque la terminación en 1 se ha dado en muy pocas ocasiones. Tal como apunta, textualmente, José Ángel Murcia en el periódico El País ([3]): *Los juegos de azar no "compensan". La famosa "regresión a la media" solo se da en infinitas jugadas, y esas infinitas jugadas son muchas jugadas. Como hay 10 terminaciones posibles, cada una se reparte un 10% de probabilidad, no de frecuencia.*

Ha habido hasta el momento 109 gordos pares y 96 impares, que se corresponden con unos porcentajes del 51.90% y el 48.10%, respectivamente. Se trata de una situación equivalente al experimento de haber lanzado 205 veces una moneda al aire, habiendo salido 108 caras (cruces) y 96 cruces (caras). Si comparamos estadísticamente cualquiera de estos dos porcentajes con el porcentaje teórico del 50%, la prueba pertinente concluye que nada se opone a aceptar que esa diferencia del 1.90% sea debida al azar ([2]), tanto con $\alpha$ = 0.01 como con $\alpha$ = 0.05. Más aún, el margen de aceptación con $\alpha$ = 0.05 se extendería hasta los 116 gordos pares (o impares) y con $\alpha$ = 0.01, hasta los 120. Así, cuando el estudio se reduce a considerar la paridad de los números gordos, el exceso de cincos y la escasez de unos (ambos impares) se neutralizan.

Goza también de mucha popularidad el denominado sorteo del "Niño", que se celebra anualmente haciéndolo coincidir con el día de Reyes. Sus orígenes se remontan a 1908, por lo que ha habido un total de 109 sorteos hasta el presente año ([4]), suficientes para realizar la prueba correspondiente a la repartición de las terminaciones de los primeros premios. Para este sorteo, es $X^2 = 13.110 < 16.919$, por lo que, a diferencia del de Navidad, nada se opone a aceptar que la repartición de las cifras que ocupan el lugar de las unidades en los primeros premios de este sorteo sea fruto del azar.

Para contestar a la segunda pregunta que nos hemos hecho, acerca de la normalidad de la repartición, usamos también una prueba basada en el cálculo del estadístico $X^2$ ([2]). Si N(i) denota el valor que la distribución normal considerada asigna a la marca de clase asociada a la cifra i (es la altura de la correspondiente barra roja en la figura 3), entonces:

$$X^2 = ( F(0) - N(0) )^2 / N(0) + \ldots + ( F(9) - N(9) )^2 / N(9) = 15.678.$$

Ahora también hay que comparar este valor con otro que aparece en la tabla de la ley $X^2$. Como la media y la desviación típica de la distribución normal son los de la repartición, el número de grados de libertad **V** viene dado por:

**V** = "número de categorías de la repartición" − 3 = 10 − 3 = 7.

Si tomamos $\alpha$ = 0.01, el valor que encontramos en la tabla es:

$$X^2 (v, \alpha) = X^2(7,0.01) = 18.475.$$

Como 15.678 es menor que 18.475, resulta que nada se opone a aceptar que la repartición de las terminaciones de los gordos se distribuye de forma normal. La Estadística nos sorprende una vez más.

En las dos situaciones abordadas, las decisiones no se corresponden con la realidad. Pero tengamos presente que la inferencia estadística luce siempre sus conclusiones amparada en un riesgo, que nos pone a salvo, y por ello hemos querido que el título de este artículo reflejara su importancia. Estamos ante un par de ejemplos que evidencian que cualquier decisión debe ir ligada ineludiblemente al riesgo con la que se toma. Certeza, ninguna.

La justificación de los "errores" cometidos pasa por mencionar que todavía no se han celebrado suficientes sorteos como para que la Estadística deje de oponerse a la incuestionable aleatoriedad de los mismos; digamos que el número de experimentos en el enunciado de la Ley débil de los grandes números es aún demasiado pequeño (recuérdese que decíamos que debía hacerse infinitamente grande).

## 3. UNA SIMULACIÓN

Con la intención de simular el experimento que consiste en escoger una cifra al azar 205 veces, hemos generado 205 números enteros pseudoaleatorios del 0 al 9 utilizando el entorno de software libre *R* (recomendado para computación y gráficos estadísticos). Las cifras obtenidas son las siguientes:

```
> sample(0:9,205,TRUE)
```

2 2 1 3 9 3 5 3 1 2 0 0 6 2 4 5 4 1 1 1 3 3 1 7 7 7 5 9 2 0 8 9
3 7 7 9 5 9 3 5 0 0 1 0 4 2 4 9 3 9 1 3 0 3 7 7 3 1 4 7 9 6 3 3
1 8 0 8 1 2 8 9 9 6 3 5 2 8 5 6 8 2 4 3 9 4 4 9 8 2 3 2 5 0 6 7
3 3 4 0 7 8 9 0 1 3 4 6 5 5 9 4 4 4 9 1 5 4 0 5 2 6 3 5 9 3 1 0
1 2 8 2 9 7 1 0 1 6 4 3 5 3 9 4 1 3 6 6 4 9 9 5 7 8 0 7 2 6 4 2
5 4 9 1 7 3 3 5 9 1 0 5 8 7 1 8 3 3 1 4 6 6 8 3 6 0 0 5 2 4 0 0 9
8 6 5 7 9 1 0 7 5 4 4 6

Las frecuencias observadas de cada cifra se recogen en la siguiente tabla:

```
> table(sample(0:9,205,TRUE))
```

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 | 24 | 22 | 23 | 12 | 20 | 19 | 19 | 20 | 27 |

El diagrama de barras correspondiente a esta repartición, que se observa en la figura 4, presenta mucha más uniformidad que el de la repartición de terminaciones del gordo (en azul, en la figura 3).

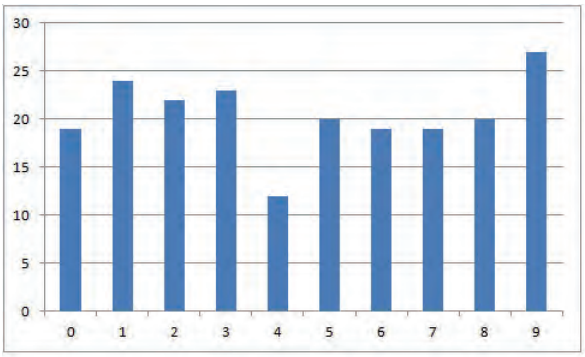



**Figura 4.**

Para esta simulación, el valor de $X^2$ correspondiente a la prueba de comparación con la repartición teórica sería 6.951, mucho menor que $X^2(9,0.05) = 16.919$. Por consiguiente, nada se opondría a aceptar que la repartición se hubiera obtenido bajo la hipótesis de que todas las probabilidades de los sucesos "cifra i" son iguales igual a 0.1. Por otra parte, el valor de $X^2$ correspondiente a la prueba de normalidad es ahora 32.236, notablemente mayor que $X^2(7,0.01) = 18.475$, por lo que se rechazaría la normalidad con un riesgo del 1%. Todo, según lo esperado.

Si repitiéramos esta simulación cien veces, es de esperar que llegásemos a la primera conclusión en noventa y cinco ocasiones y a la segunda, en noventa y nueve (por haber tomado riesgos del 5% y 1%, respectivamente). Si repitiéramos cien veces la celebración de doscientos cinco sorteos de Navidad, también.

Si las cifras pseudoaleatorias de esta simulación correspondieran a las terminaciones de los gordos del sorteo de Navidad desde este año 2016 en adelante, resultaría que tendríamos que esperar veinte años para que el valor de $X^2$ fuese menor que 16.919, es decir, para que nuestra conclusión dejara de ser válida (tras el sorteo de 2035, sería $X^2 = 16.111$). Con todo, esta circunstancia no implicaría que $X^2$ no pudiera tomar valores mayores que 16.919 en años posteriores. Todo esto no deja de ser ficción, pero como hemos podido comprobar, la distancia entre la ficción y la realidad, si de conclusiones estadísticas se trata, es a veces muy corta.

## REFERENCIAS

[1] http://www.abc.es/loteria-de-navidad/numeros_gordos.html

[2] Domènech, J. M. Bioestadística (1982). Barcelona: Editorial Herder.

[3] http://verne.elpais.com/verne/2015/11/23/articulo/1448292307_060274.html

[4] http://loteriadelnino.laverdad.es/historia.html

# FUNDACIONES ALIMENTARIAS DE LA CIVILIZACIÓN ROMANA CLÁSICA

## FOOD FOUNDATIONS OF THE ROMAN CLASSICAL CIVILIZATION

Guillermo Suárez Blázquez
Catedrático Acreditado de Derecho Romano.
Universidad de Vigo

SUMARIO

1. Actividades jurídicas fundacionales privadas con fines privados colectivos y actividades jurídicas fundacionales privadas con fines públicos de interés general en el Derecho Romano clásico. 2. Actividades fundacionales alimentarias privadas. 3. Actividades fundacionales alimentarias públicas. 4. La personalidad jurídica *habere corpus ad exemplum Reipublicae*, como medio jurídico vehicular de las actividades fundacionales en la época clásica.

## 1. ACTIVIDADES JURÍDICAS FUNDACIONALES PRIVADAS CON FINES PRIVADOS COLECTIVOS Y ACTIVIDADES JURÍDICAS FUNDACIONALES PRIVADAS CON FINES PÚBLICOS DE INTERÉS GENERAL EN EL DERECHO ROMANO CLÁSICO

Los ciudadanos romanos sintieron frecuentemente la necesidad de transcender al tiempo y perpetuar su memoria en el seno de su colectividad, mediante el desarrollo de actividades filantrópicas perennes en beneficio público. Este fenómeno histórico – jurídico que nació del amor que los hombres profesan por la humanidad y, en otras ocasiones, por sus creencias de ultratumba, cuenta con amplios antecedentes en el Derecho griego[1], que influyeron, al menos, de forma indirecta en la civilización romana. Es por ello que, en numerosas ocasiones, los ciudadanos romanos, movidos por razones privadas de *pietas* intertemporal, quisieron proteger tanto a los miembros como el nombre de su familia. En esta dirección, se debe situar aquí el parecer acertado de Antonio Fernández de Buján, quien sostiene que ya en los primeros siglos existe una realidad fundacional en Roma[2].

De acuerdo, con esta tesis, ya en los primeros siglos de Roma debemos distinguir dos tipos de realidades, o actividades fundacionales. Una realidad fundacional privada dirigida a la protección de grupos determinados de personas o individuos y una realidad fundacional privada dirigida a la consecución de fines públicos colectivos o filantrópicos. A tal fin, los ciudadanos que sintieron esta necesidad, o costumbre (según el parecer de B. Santalucia[3]) fundacional, podían desprenderse, de forma privada, de todo o parte de su patrimonio y destinarlo de forma unilateral y perpetua a la consecución de beneficios y fines no lucrativos, es decir, de intereses públicos. Del mismo modo, los ciudadanos podían destinar su patrimonio a la protección, sustento y educación intergeneracional de los más allegados y de sus descendientes, incluso a la cobertura y seguridad de

1 Visscher F., s.v. *Fondazione* (Diritto Greco), en NDI. vol. VII, 1957, pp. 429 - 430.
2 Fernández de Buján A., "*Derecho Privado Romano*", 8ª ed., Iustel, Madrid, 2015, p. 203.
3 Santalucia B., s.v. *Fondazione* (dir. rom), en ED. vol. 17, 1968, p. 775.

terceros próximos. Las fuentes jurídicas clásicas y epigráficas constatan esta doble actividad privada fundacional.

Los mecanismos o medios jurídicos para llevar a cabo los fines filantrópicos fueron las donaciones *inter vivos* y *mortis causa*, los legados y los fideicomisos. Mediante éstos, el disponente de la actividad fundacional imponía, para asegurar el cumplimiento de ésta, una carga modal perpetua a los instituidos, destinatarios y patronos del patrimonio fundacional, quienes debían actuar, de acuerdo con la voluntad rectora del instituyente, sin ánimo de lucro, en favor de los beneficiarios. Además, cualquier ciudadano y ciudadana, fundador o fundadora, podían establecer precauciones, castigos, e incluso sanciones económicas a los posibles transgresores de su voluntad filantrópica fundacional.

En el libro XXXI, "*De Legatis et Fideicommissis*" y en los libros XXX, XXXIII y XXXV del Digesto, que fueron compilados por los juristas de Justiniano, se recogen algunos casos de estas actividades fundacionales privadas que fueron instituidas para fines de protección familiar. También, los juristas resuelven supuestos de actividades fundacionales privadas que fueron instituidas para fines colectivos públicos. Casos que fueron seleccionados y extraídos por los juristas bizantinos de los escritos de los juristas clásicos Scaevola, Paulo y Papiniano:

1.1) Concretamente, Scaevola nos reporta tres supuestos de estas actividades filantrópicas privadas:

1.1.a) *Scaevola* en *libro tertio responsorum*:

"*Lucius Titius testamento ita cavit: "Praediorum meum dari volo libertis libertabusque meis et quos hoc testamento manumisi et Seiae alumnae meae, ita ne de nomine familiae meae exeat, donec ad unum proprietas perveniat". Quaero, an Seia in communione cum libertis habeat portionem an vero sibi partem dimidiam eius praediori vindicare possit. Respondi perspicuam esse testantis voluntatem omnes ad viriles partes vocantis*[4]".

Lucio Ticio nombró herederos en el testamento a los libertos de su familia y a su alumna Seya. Además, manumitió a sus esclavos y les legó un predio con la condición de que este patrimonio quedase vinculado permanentemente al nombre de su familia. El testador creó un condominio hereditario – *Seia in communio cum libertis* -. El testador impuso una carga modal que debían respetar todos los instituidos: la vinculación colectiva en condominio del patrimonio familiar tenía que perdurar en el grupo familiar de sus libertos hasta que la propiedad del predio recayese finalmente en uno solo de aquéllos: *donec ad unum proprietas perveniat*. Este supuesto es un caso de actividad fundacional privada, pues el testador, al decir de *Scaevola*, vincula su patrimonio privado de modo colectivo e intergeneracional en beneficio de los miembros de su familia.

1.1.b) También *Scaevola* en *libro 18 digestorum*:

"*Codicillis fideicommissa in haec verba dedit: "Libertis libertabusque meis et quos in codicillis manumisi fundum, ubi me humari volui, dari volo, ut qui ab his decesserit, portio eius reliquis adcrescat, ita ut ad novissimum pertineat: post cuius novissimi decessum ad rem publicam Arelatensium pertinere volo. Hoc amplius libertis libertabusque meis habitationes in domo, quamdiu vivent: Pactiae et Trophimae diaetas omnes, quibus uti consuevit: habitet quam domum post mortem eorum ad rem publicam pertinere volo". Quaesitum est, rei publicae fideicommissum utrum ab herede an a libertis datum sit. Respondit secundum ea quae proponerentur posse ita verba accipi, ut eius legatarii, qui novissimus decederet, fidei commissum videatur. Idem quaesiit defunctis quibusdam ex libertis, quibus habitatio relicta erat, an portiones domus, in quibus hi habitaverant, iam ad rem publicam pertineant. Respondit, quoad aliquis eorum vivat, fideicommissum rei publicae non deberi*[5]".

En este texto *Scaevola* reporta un supuesto de actividad privada fundacional. El instituyente utiliza fideicomisos codicilares para disponer de una finca, en la que será enterrado, en favor de sus libertos. Los fideicomisarios beneficiarios reciben en condominio el predio y quedan sujetos al cuidado de la sepultura del fideicomitente. Cuando fallezca el último liberto, la finca pasará a la *rem publicam Arelatensium*. Aunque no se dice en el texto, se puede inferir, que una vez finalizada la voluntad fundacional primigenia, el instituyente quiso que su fundación privada pudiese continuar para seguir cumpliendo con la voluntad fundacional. Es por ello, que el disponente nombró a la *rempublicam Arelatensium* como fideicomisario sustituto, para que ésta recibiese la propiedad del fundo y, como nueva beneficiaria del patrimonio fundacional vinculado, siguiese dando cumplimiento, de modo perpetuo, al fin establecido por su voluntad unilateral: el cuidado y la protección de la sepultura del fundador.

1.1.c) Y, por último, *Scaevola* en *libro 19 digestorum*:

"*Libertis omnibus legavit domum et haec verba adiecit: "Ut in ea habitent liberti, ne de nomine exeat*

4 D.31.88.6. Scaevola *libro tertio responsorum*.

5 D.33.2.34. *Scaevola libro XVIII digestorum*.

*et ut ad unum, qui novissimus exstiterit, perveniat: et eo amplius eisdem libertis meis dari volo fundum sosianum". Quaesitum est, an condicio adposita, ne de nomine exiret, ad sequens quoque legatum pertineret. Respondit pertinere*[6]".

El testador dispone, mediante testamento, de un legado por el que atribuye la propiedad de su casa a todos sus libertos. Además, el instituyente ordena, mediante una carga modal, que la propiedad de la casa no pueda salir de su familia. Mediante el legado el testador constituye un condominio hereditario que da soporte patrimonial al desarrollo de una actividad fundacional privada. Esta última es establecida a través de una voluntad unilateral testamentaria que debe ser cumplida y es exigible en los tribunales. Voluntad fundacional que tiene un fin colectivo, pues protege y beneficia a todos los miembros de su familia.

1.2) Por su parte, Paulo también nos reporta varios supuestos que constituyeron instituciones privadas fundacionales, que fueron realizadas para fines colectivos públicos sin ánimo de lucro y que transcendían a la vida del fundador:

1.2.a) Paulo en *libro tertio regularum* sostiene:

"*Civitatibus legari potest etiam quod ad honorem ornatumque civitatis pertinet: ad ornatum puta quod ad instruendum forum theatrum stadium legatum fuerit: ad honorem puta quod ad munus edendum venationemve ludos scenicos ludos circenses relictum fuerit aut quod ad divisionem singulorum civium vel epulum relictum fuerit. Hoc amplius quod in alimenta infirmae aetatis, puta senioribus vel pueris puellisque, relictum fuerit ad honorem civitatis pertinere respondetur*[7]".

Este texto demuestra la existencia de variadas fundaciones privadas sin ánimo de lucro en beneficio de los intereses colectivos públicos, en la Roma clásica del siglo II d. C. Los ciudadanos romanos establecían unilateralmente en sus legados voluntades fundacionales perpetuas (honor y ornato de la ciudad, *honorem ornatumque civitatis*) que tendrían validez y entrarían en vigor después de sus muertes. A tal fin, según Paulo, los instituyentes designaban como patronos del patrimonio fundacional y como ejecutores de su voluntad a las ciudades. Estas corporaciones gestionarían el patrimonio y velarían por el cumplimiento periódico de la voluntad fundacional, para el beneficio de la colectividad. Ciertamente estas fundaciones de alimentos, educación e instrucción de niños y niñas pobres, construcción y mantenimiento de obras públicas, espectáculos y fiestas regulares, no tenían personalidad jurídica, pero es evidente que los fundadores lograban así la institucionalización jurídica perpetua de sus actividades filantrópicas privadas con fines colectivos.

1.2.b) Paulo, *libro 14 responsorum*:

"*Seia libertis suis fundum legavit fideique eorum ita commisit: "Fidei autem vestrae, vere et sapide, committo, ne eum fundum vendatis eumque qui ex vobis ultimus decesserit, cum morietur, restituat Symphoro liberto meo et successori et Beryllo et Sapido, quos infra manumisi, quive ex his tunc supervivent". Quaero, cum nec in prima parte testamenti, qua fundum praelegavit, eos substitutit, in secunda tamen adiecerit verbum "qui ultimus decesserit", an pars unius defuncti ad alterum pertineret. Paulus respondit testatricem videri in eo fideicommisso, de quo quaeritur, duos gradus substitutionis fecisse, unum ut is, qui ex duobus prior morietur, alteri restitueret, alterum ut novissimus his restitueret, quos nominatim postea enumeravit*[8]".

El jurista sostiene que los ciudadanos romanos pueden establecer un fideicomiso para constituir una actividad fundacional privada. Según Paulo, *Seia* instituyó un fideicomiso mediante el que encomendó a la fidelidad de sus libertos herederos (*Beryllo* y *Sapido*) que no vendiesen un fundo. Además, aquélla dispuso que después de su muerte, se restituyese el fundo a otro grupo de esclavos manumitidos, o a cualquiera de ellos que sobreviviesen (*Symphoro liberto meo et successori et Beryllo et Sapido, quos infra manumisi, quive ex his tunc supervivent*). Según Paulo existieron dos grados de substitución de herederos fideicomisarios con derecho de sucesión en el fundo descrito. El texto del jurista viene a demostrar que los ciudadanos y las ciudadanas recurrían frecuentemente a la constitución de legados y fideicomisos para establecer voluntades unilaterales fundacionales protectoras de su familia y de su patrimonio, al objeto de perpetuar el nombre de aquélla.

1.3) Por último, Papiniano también nos informa de la existencia de actividades fundacionales privadas clásicas, que eran instituidas por los ciudadanos para fines permanentes colectivos:

"*Libertis praedium reliquit ac petit, ne id alienarent utque in familia libertorum retinerent. Si excepto uno ceteri partes suas vendiderint, qui non vendidit ceterorum partes, quibus non dedit alienandi voluntatem, integras petet: eos enim*

6 D. 35, 1, 108. *Scaevola libro XIX digestorum.*
7 D. 30.122. *Paulus libro tertio regularum.*
8 D.31.87.2. *Paulus libro 14 responsorum.*

*ad fideicommissum videtur invitasse, qui iudicio paruerunt: alioquin per absurdum erit vice mutua petitionem induci, scilicet ut ab altero partem alienatam quis petat, cum partem suam alienando perdiderit. Sed hoc ita procedere potest, si pariter alienaverint: ceterum prout quisque prior alienaverit, partem posterioribus non faciet: qui vero tardius vendidit, ei qui non vendidit in superiorum partibus fecisse partem intellegitur. At si nemo vendiderit et novissimus sine liberis vita decesserit, fideicommissi petitio non supererit*[9]".

Papiniano reporta en el fragmento un caso de un testador que estableció un fideicomiso en favor de sus libertos. El disponente pidió a estos últimos que no vendiesen la finca en la que habían sido instituidos y, además, que la retuviesen en la familia mientras viviesen. Según, el jurista, si alguno de los libertos vendió su porción se considera apartado del fideicomiso por desobediencia a la voluntad unilateral del fideicomitente. En consecuencia, el fideicomisario que no vendió puede pedir la porción del fideicomiso vendida. Según sostiene Papiniano, sólo en el supuesto que ninguno de los beneficiarios no hubiese vendido y el último de los libertos hubiese fallecido sin hijos, no subsistirá el derecho de petición del fideicomiso. Aunque el texto no establece el fin de la voluntad del instituyente, sí se puede deducir, de forma indirecta, que nos encontramos ante una actividad fundacional privada cuyo fin fue, probablemente, la protección colectiva intergeneracional del nombre de la familia y su patrimonio.

## 2. ACTIVIDADES FUNDACIONALES ALIMENTARIAS PRIVADAS

Otra actividad fundacional importante fue constituida y desarrollada por los poderes públicos y los ciudadanos y tuvo por objeto la alimentación, la nutrición, y, en algunos supuestos, la instrucción de niños y niñas pobres, ciudadanos plebeyos, de Roma, sus ciudades y municipios. Así, es seguro que ya en el periodo republicano, los magistados romanos, movidos por el ansia del honor y de la gloria colectiva, recurrieron frecuentemente al reparto de dinero (*misilia*) y congiarios entre la población plebeya, generalmente los días festivos y las fechas señaladas para la celebración de los espectáculos públicos[10]. Praxis que fue seguida regularmente por los príncipes en el Imperio[11]. Los congiarios consitían en raciones de alimentos (pan, aceite, vino, etc.), que servían para satisfacer las necesidades básicas de subsistencia de los ciudadanos indigentes y de los más necesitados. Este espíritu de liberalidad filantrópica pública, cuenta con viejos antecedentes que se originaron en los territorios y provincias orientales helenísticas. Así, desde la óptica del Derecho griego, si creemos a F. De Visscher, ya en el siglo II a d. C., un tal Eudemo de Mileto, movido por su afán de liberalidad, hizo una cuantiosa donación para la educación y la instrucción permanente (se deben comprender alimentos) de los niños pobres griegos de su ciudad. Las causas que movieron a Eudemio a instituir su voluntad fundacional fueron perseguir el bien común de su pueblo, la obtención de la fama personal y de la gloria perenne[12].

Posteriormente estas prácticas fundacionales privadas debieron influir también en los ciudadanos ricos de Roma, pues sabemos que algunos años más tarde, ya en tiempos de Nerón, un *T. Helvius Basila* legó cuatrocientos mil sestercios para la compra de trigo y la alimentación de niños y niñas de la comunidad de Atina[13]. De este modo, *T. Helvius* constituyó también una actividad fundacional filantrópica privada (*alimenta*) con fines colectivos.

Y en la misma dirección, Plinio "El Joven" (98 d. C. aprox.) asesoró a su amigo Caninio sobre el modo de crear una fundación (*deliberas mecum, quemadmodum pecunia, quam municipibus nostris in epulum obtulisti, post te quoque salva sit*[14]) alimentaria privada permanente (*quae in alimenta ingenuorumque*[15]) con fines de utilidad pública (*sed oportet privatis utilitatibus publicas, mortalibus aeternas anteferre*[16]). Caninio tenía dudas de cómo asegurar que su patrimonio fuese perpetuamente destinado a convites públicos para sus conciudadanos. Plinio, ante esta *honesta consultatio* de su amigo, le aconsejó que siguiese los mismos pasos que él dio cuando instituyó su fundación alimentaria en favor de los niños y de las niñas pobres del municipio de *Novum Comum*. El problema de Caninio era estrictamente jurídico, pues deseaba desprenderse de modo definitivo de parte de su capital fundiario y quería destinarlo a la realización de una actividad fundacional privada invariable que tuviese vida más allá de su muerte. El problema era cómo poder llevarlo a la práctica, desde la óptica del Derecho:

"*Deliberas mecum quemadmodum pecunia, quam municipibus nostris epulum obtulisti, post te quoque salva sit. Honesta consultatio, non expedita sententia. Numeres rei publicae summam: verendum est ne dilabatur. Des agros: ut publici neglegentur. Equidem nihil commodius invenio, quam quod ipse*

9 D. 31.77.27. *Papinianus libro octavo responsorum*.
10 Juvenal, Sátiras L.10, 75 - 80.
11 Augusto, *Res Gestae Divi Augusti*, 15. Suetonio, Augusto, 40 – 42 y 75.
12 De Visscher F., s.v. *Fondazione* (Diritto Greco), en NDI. vol. VII, 1957, p. 430.
13 *C.I.L.* 10.556.
14 Plinio, *Epistolae* 7.18.
15 Plinio, *Epistolae* 7.18.
16 Plinio, *Epistolae* 7.18.

*feci. Nam pro quingentis milibus nummum, quae in alimenta ingenuorum ingenuarumque promiseram, agrum ex meis longe pluris actori publico mancipavi; eundem vectigali imposito recepi, tricena milia annua daturus. Per hoc enim et rei publicae sors in tuto nec reditus incertus, et ager ipse propter id quod vectigal large supercurrit, semper dominum a quo exerceatur inveniet. Nec ignoro me plus aliquanto quam donasse videor erogavisse, cum pulcherrimi agri pretium necessitas vectigalis infregerit. Sed oportet privatis utilitatibus publicas, mortalibus aeternas anteferre, multoque diligentius muneri suo consulere quam facultatibus. Vale*[17]".

Plinio, tal vez inspirado por los créditos fundacionales que había ideado Nerva, desarrolló un método ingenioso de simulación de actos jurídicos, que en algunos momentos bordeaba la antijuricidad, no solo de llevar a cabo su propia fundación privada alimentaria, sino también de su perpetuación institucional. A tal fin, le previno que donar su patrimonio a la ciudad – *numeres rei publicae summam* – podía conllevar el riesgo de que los munícipes no respetasen su voluntad fundacional y dilapidasen su patrimonio – *verendum est, ne dilabatur* - . Por ello, Plinio advierte a su amigo que si donaba sus fundos como propiedad pública al municipio, tal acción podía constituir, *a priori*, una actitud negligente (*Des agros: ut publici neglegentur*). En estas circunstancias, Plinio optó por dar nuevos consejos jurídicos a Caninio sobre la manera correcta de proceder. Así, Plinio reporta que lo primero que él hizo fue llegar a un acuerdo de venta con la corporación municipal de *Novum Comun*. A tal fin, mancipó (venta real) al fisco de la *res publica Comensium* su finca por un valor ficticio de quinientos mil sestercios. Sin embargo, según reporta el texto, el precio de tasación de la hacienda agrícola era muy superior. Además, es obvio que, al ser un negocio fingido, el precio tampoco fue abonado por el *actor publicus* a Plinio. En definitiva, se trató de una *mancipatio* simulada, pues, como se deduce de la narración, la *mancipatio* encubría una donación (*Nec ignoro me plus aliquanto quam donasse videor erogavisse, cum pulcherrimi agri pretium necessitas vectigalis infregerit*). Esta *mancipatio*, o compra y venta real ficticia, fue el título que legitimaba la transferencia de la propiedad privada de Plinio a la propiedad pública municipal de la *Republica Comensium*. Posteriormente, por un acuerdo de Plinio con el *actor publicus*, la finca se subastó y fue a su vez gravada con el pago de un vectigal que también estaba previamente acordado por ellos. Plinio participó en la subasta y se la adjudicó. Obviamente, la subasta también debió ser un verdadero acto de teatro fraudulento realizado por las partes, tanto por el concedente como por el concesionario. De esta forma, tanto el licitador como el adjudicatario evitaron dolosamente la concurrencia de posibles terceros interesados, que habrían estado legitimados para participar en la subasta pública. De este modo, Plinio se situó en la posición jurídica de *possessor* tributario perpetuo de un *ager vectigalisque,* ahora propiedad pública de la *Republica Comensium*. Este nuevo título le permitió, además, seguir cultivando y explotando libremente el mismo predio. Así, fruto de la adjudicación, y ahora como nuevo concesionario arrendatario (*conductor* del *ager vectigalisque* municipal), Plinio se convirtió en deudor y obligado tributario, pues forzosamente tenía que abonar anualmente una renta fiscal, o *vectigal*, por la cantidad de treinta mil sestercios. Este precio del canon fiscal, al ser simulado de común acuerdo por las partes, fue tasado por debajo del valor real de venta de mercado del predio, y, en consecuencia, fue establecido muy por debajo de su potencial rentabilidad, que era evidentemente muy superior (*per hoc enim et rei publicae sors in tuto nec reditus incertus, et ager ipse propter id quod vectigal large supercurrit*).

Plinio lograba así la perpetuidad de su voluntad fundacional filantrópica. Por una parte, aquél conseguía que siempre hubiese ciudadanos interesados en seguir con la explotación de la finca como *possessores* del *ager vectigalisque* (*semper dominum a quo exerceatur inveniet)*. Es decir, nuevos concesionarios tributarios que, además, continuarían pagando forzosamente el *vectiga*l fundacional a la ciudad. Y por otra, Plinio aseguraba que mediante el pago del *vectigal*, el municipio de *Novum Comun* siempre obtendría ingresos tributarios e intereses públicos fundacionales anuales, ya que los treinta mil sestercios (dinero fiscal público) quedaban forzosamente afectados y vinculados perpetuamente a la voluntad unilateral del instituyente fundador. Fin fundacional sin ánimo de lucro, colectivo y de utilidad pública: el mantenimiento y el sustento (*alimenta*) de los niños y de las niñas libres plebeyos, ciudadanos romanos pobres del municipio de *Novum Comum*.

Estas fundaciones alimentarias privadas no fueron actividades alisladas. Por el contrario, debieron ser muy numerosas y fueron constituidas, de modo regular, por los ciudadanos y las ciudadanas durante toda la época clásica. De ello da cuenta fidedigna el jurista Paulo, quien sostiene, además, que, mediante legados, los instituyentes pueden constituir fundaciones alimentarias perpetuas, sin ánimo de lucro, en beneficio de los más necesitados, por razón de su edad, (niños, niñas y ancianos). Esta causa fundacional es de interés público ya que, según Paulo, pertenecía al honor de la ciudad:

"*Civitatibus legari potest etiam quod ad honorem ornatumque civitatis pertinet: ad ornatum puta quod ad instruendum forum theatrum stadium legatum*

17 Plinio, *Epistolae* 7.18.

> *fuerit: ad honorem puta quod ad munus edendum venationemve ludos scenicos ludos circenses relictum fuerit aut quod ad divisionem singulorum civium vel epulum relictum fuerit. Hoc amplius quod in alimenta infirmae aetatis, puta senioribus vel pueris puellisque, relictum fuerit ad honorem civitatis pertinere respondetur*[18]".

También, en los comienzos del siglo III d. C. Elio Marciano reporta en el *Libro XIII* de sus Instituciones que:"*si quid relictum sit civitatibus, omne valet, sive in distributionem relinquatur sive in opus sive in alimenta vel in eruditionem puerorum sive quid aliud*[19]".

Según este jurista clásico son válidos los legados y las donaciones patrimoniales que reciban las ciudades para ser destinados a la alimentación y la educación escolar de niños pobres, así como para cualquier otra finalidad filantrópica de esta naturaleza colectiva. Estas prácticas privadas, que responden al ejercicio del *officium pietatis* del ciudadano romano, debieron constituir una costumbre muy reiterada en todas las ciudades del Imperio clásico. Y, evidentemente, creemos que se trataron de liberalidades que constituyeron actividades muy consolidadas que generaron auténticas instituciones fundacionales privadas permanentes de utilidad pública: "*alimenta*, *eruditionem puerorum sive aliud*".

## 3. ACTIVIDADES FUNDACIONALES ALIMENTARIAS Y PÚBLICAS

Desde la óptica de la actividad pública, fue el Estado romano, como persona jurídica, y en su nombre el emperador con quien se confunde, quienes instituyeron diferentes actividades fundacionales filantrópicas colectivas de sustento e instrucción en beneficio de terceros. En esta dirección, aunque A.N. Sherwin – White[20] cree que fue Domiciano quien creó las fundaciones alimentarias, sin embargo, según reporta el historiador y político del siglo IV d. C. *Ps-Aurelius Victor*, en sus escritos sobre la Roma imperial, fue Nerva quien tuvo el honor de ser el primero que diseño los *alimenta* como institución asistencial pública, con cargo a las arcas públicas del Estado: "*puellas puerosque natos parentibus egestosis sumptu publico per Italiae oppida ali iusssit*"[21]. Por ello, tal vez, también es acertada la opinión de R. Ducan Jones, quien sostiene que los comentarios que hace Plinio en el capítulo 28 de su Panegírico a Trajano sobre los *alimenta* en Italia no son concluyentes para poder atribuir a Domiciano la paternidad de las fundaciones alimentarias. Se trataría, según su opinión de "*alimenta* need be no more than the accustomed payments to the plebs[22]".

Con esta afirmación, R Ducan Jones parece referirse a los congiarios que enraizan con viejos precedentes republicanos, pues eran realizados frecuentemente al libre albedrío de los magistrados mediante liberalidades consuetudinarias. Subsidios asistenciales que se siguieron practicando posteriormente por los príncipes en el Imperio. Así, según nos informa Suetonio, Augusto distribuyó numerosos congiarios entre la población[23]. Esta subsidiación de alimentos a la plebe fue seguida posteriormente por los príncipes de la estirpe de la dinastía Julio - Claudia. Sin embargo, nos parece evidente que el reparto ocasional de vino, aceite, pan, dinero, mediante congiarios, aunque constituyó una auténtica actividad filantrópica de liberalidad de los emperadores, no respondió a las características jurídicas de una actividad fundacional alimentaria permanente. En este sentido W. H. Byrnes cree que esta política de pan y circo (Juvenal, Sátiras L.10, 75 - 80) y este tipo de caridad romana buscaban seducir a las masas y responderían a la necesidad de búsqueda de la gloria y de la inmortalidad por los emperadores romanos[24].

Con todo, es seguro que algunos años después del mandato del emperador Nerva, como es atestiguado por Plinio el Joven[25], Dion Casio[26] (en su Historia de Roma) y por numerosas fuentes epigráficas, tanto Trajano como Adriano instituyeron numerosas actividades fundacionales alimentarias públicas que tuvieron por fines el mantenimiento y el sustento de los niños y de las niñas pobres de numerosos municipios y ciudades de la península itálica.

Así, el emperador Trajano creó varios programas fundacionales públicos ambiciosos, mediante el recurso a mutuos fiscales hipotecarios que fueron garantizados por los mutuarios con avales reales (*praedes*). Los préstamos prendiarios fueron convenidos para el mantenimiento perpetuo de niños pobres. De esta forma, la actividad y la voluntad unilateral establecidas por el Príncipe (cultivo y prestación de

18 D. 30.122. *Paulus libro tertio regularum.*
19 D. 30.117, *Marcianus Libro XIII Institutionum.*
20 Sherwin – White A.N., "*The letters of Pliny*", Oxford, 1985 p. 104, 422 ss.
21 *Ps-Aurelius Victor, De Caesaribus* 12.4.
22 Ducan – Jones, R. "*The Economy of the Roman Empire*", Cambridge 1984, reimpresión 1982, p. 291.
23 Augusto, *Res Gestae Divi Augusti*, 15. Suetonio, Augusto, 40 – 42 y 75.
24 Byrnes W.H., "Ancient Roman Munificience: The Development of the Practice and Law Charity", en vol. *57 Rutgers Law Review* 1043 (2005) p. 1058, available at http://ssrn.com/abstract=2314731.
25 Plinio. *Paneg*. Cp. 28: "*Paullo minus, Patres Conscripti, quinque millia ingenuorum fuerunt, quae liberalitas principis nostri conquisivit, invenit, adscivit*".
26 *Dion Casio*, 68.5.4.

*alimenta*) fueron ligadas a la propiedad de los predios como patrimonio fundacional. Así, tal como reza en una *Tabula ex Ligures Baebiani* (100 d. C.):

> *[Imp. Caes.] Nerua Traiano Aug. G[ermanic]o IIII | [Q.] Articuleio Paeto [*cos. | — — — — — — — *optim] i maximiq(ue) principis obligarunt prae[*dia — — —*] pto Ligures Baebiani | [* — — — — — — — — — — —*]t ex indulgentia eius pueri pu<<a>>ellaeq(ue) a[*limenta a*]ccipiant. ||*[27]

Y en una *Tabula Obligationis Praediorum Veleiatae* (109 – 112 d. C.):

> *Obligatio praediorum ob HS deciens quadraginta quattuor milia ut ex indulgentia optimi maximique principis Imp(eratoris) Caes(aris) Nervae / Traiani Aug(usti) Germanici Dacici pueri puellaeque alimenta accipiant legitimi n(umero) CCXLV in singulos HS XVI n(ummum) f(iunt) HS XLVII(milia) XL n(ummum) legitimae n(umero) XXXIV sing(ulae) HS XII n(ummum) f(iunt) HS IV[(milia)] DCCCXCVI spurius HS CXLIV spuria HS CXX / Summa HS LII(milia) CC quae fit usura l(quincunx) sortis supra scribtae*(!)[28].

En ambos casos, el Fisco romano, en el nombre y por orden de Trajano, constituyó un mutuo fiscal, o préstamo personal (un millón cuarenta y cuatro mil sestercios para *Veleia, HS deciens quadraginta quattuor milia*) con garantía real hipotecaria al cinco por ciento de interés (tasa no especificada en la *Tabula Baebiani*). Los beneficiarios de los préstamos personales debían garantizar estos últimos mediante prendas hipotecarias constituidas sobre el valor de sus predios y fincas (*praedes*). La explotación de las fincas agrarias debía generar al menos una usura del 5%. Esta última constituía una tasa de interés fundacional, ya que no sólo tenía que ser forzosamente abonada mediante pago en antricresis, sino que también tenía que ser forzosamente destinada a dar cumplimiento de las actividades fundacionales alimentarias tanto en favor de los niños y las niñas pobres del municipio de *Veleia* como del municipio de los *Ligures Baebiani*. De esta forma, el Estado romano fomentaba el cultivo de las explotaciones y predios agrarios de estas poblaciones, y, además, estos bienes raíces agrarios servían como garantía real al préstamo fiscal público.

De esta forma, el Estado romano institucionalizó, mediante la concesión de créditos financieros públicos blandos, vinculados al pago de intereses en anticresis, una actividad de liberalidad - *ex indulgentia* – fundacional, de carácter filantrópica – *pueri puellaeque alimenta accipiant* –, sin límite temporal.

Además, es muy posible que el Estado, concretamente el *Fiscus Cesaris*, se reservase el derecho de recuperar los préstamos fundacionales otorgados, siempre que los mutuarios fiscales no cumpliesen el fin fundacional (*lex commisoria*) establecido. Estos últimos estaban sujetos, tal vez, no a la ejecución de una prenda hipotecaria privada, sino a la ejecución tributaria de los predios obligados – *obligatio praediorum* – mediante las subastas fiscales que surgían de las *leges praedatoriae*. Sin embargo, si el Tesoro llevaba a cabo adjudicaciones de predios pignoraticios, su actividad fundacional se retroalimentaba con nuevos fondos financieros, pues obtenía dinero de la venta de las subastas. De este modo, el Estado romano creaba una fundación con un sistema autónomo de funcionamiento, pues su actividad no estaba condicionada por el sufrimiento de posibles colapsos financieros anuales del Tesoro. A la par, el *Fiscus Cesaris* podía sustituir a los viejos deudores ejecutados por nuevos deudores prestatarios que estuviesen interesados en participar en la fundación alimentaria. Nuevos concesionarios a los que se les exigiría por los funcionarios imperiales un nuevo compromiso de obligar a sus predios mediante *pignus conventum* con pacto añadido de pago de intereses en anticresis (frutos para alimentos). Pacto que permite que los frutos sean imputables tanto al pago del capital del nuevo préstamo fundacional como al pago de sus intereses anuales moderados en concepto de *alimenta*. Nuevos mutuos que permitirían seguir cumpliendo con los fines de nutrición y sustento instituidos por el Emperador. Además, es posible también que en los supuestos de obtención de remanentes excesivos, el Tesoro romano continuase ampliando y creando nuevas fundaciones en otras ciudades y municipios con la concesión de nuevos créditos pignoraticios. En último término, el Tesoro consideraba a estos recursos financieros (que son obtenidos del patrimonio ejecutado, del valor de los frutos adquiridos, y del dinero público recaudado en las subastas fiscales) como recursos tributarios fundacionales públicos afectados permanentemente al cumplimiento del honor del Estado y de sus entes territoriales municipales, mediante la prestación de alimentos[29].

En consecuencia, ante situaciones de insolvencia y quiebra de los dueños de las fincas, fue muy probable que el Tesoro no pretendiese la devolución de los préstamos para que volviesen de forma definitiva a su arca imperial. Esto hubiese sido ir contra su propia actividad y voluntad fundacionales. Al contrario, el sistema descrito, es decir, la recuperación de los predios y sus cosechas por impago de

27 *C.I.L. IX*.1455.
28 *C.I.L. XI*.1147.
29 D. 30.122. *Paulus libro tertio regularum*.

intereses, serviría para seguir fortaleciendo el patrimonio y el dinero de la institución fundacional alimentaria pública en el tiempo, ya que esta nace y se instituye, desde sus inicios, con vocación de perpetuidad. Así, según sostiene E.T. Salmon, la originalidad de Nerva, seguida posteriormente de Trajano, consistió precisamente "en combinar el mantenimiento de los niños con la financiación de agricultores y traer este esquema bajo el control del Estado[30]". Sin embargo, esta originalidad que atribuye ET. Salmon al emperador Nerva, debe ser puntualizada, pues es evidente la influencia del Derecho griego en este sistema fundacional imperial. En este sentido, si creemos a F. de Visscher, ya en Grecia fue común la utilización de préstamos para fines perpetuos beneficiosos para la colectividad. El capital sólo sería devuelto en caso de que cesase el fin fundacional. A tal fin, según F. de Visscher, "spesso la fondazione prende pure la forma di una costituzione di rendita garantita da ipoteca sui beni forniti dal donatore[31]". De acuerdo con esta información, creemos que la utilización por Nerva y, posteriormente, por Trajano, del *pignus* con pacto de anticresis, como instrumento jurídico válido para instituir las fundaciones públicas de *alimenta*, denota y delata claramente su origen griego, al menos, helenístico y oriental.

A pesar de esta evidente influencia, creemos que los programas financieros imperiales de alimentos constituyeron ambiciosas actividades fundacionales públicas genuinas del Estado romano, pues en estas últimas se constatan los elementos jurídicos típicos que las configuran: a) la separación de un patrimonio o dinero propiedad del instituyente, b) su entrega, por el disponente, en concepto de crédito pignoraticio y su vinculación permanete a una voluntad unilateral inamovible: el destino de los intereses al cumplimiento de una voluntad fundacional de liberalidad pública colectiva: la alimentación perpetua de niños y niñas pobres (aproximadamente 5000 niños ya fueron previstos por Trajano: "*Paullo minus, Patres Conscripti, quinque millia ingenuorum fuerunt, quae liberalitas principis nostri conquisivit, invenit, adscivit*" [32], 300 beneficiarios del municipio y comarca de *Veleia*[33]) c) el nombramiento tácito de patronos o vigilantes protectores de la voluntad fundacional y ejecutores de su estricto cumplimiento: decuriones y *duoviri* de los municipios de *Veleia* y del municipio del *Samnium* de los *Ligures Baebiani*. Los magistrados municipales recibirían, en nombre y bajo la vigilancia y contabilidad de los *quaestores alimentari* locales y de los *curatores rei alimentariae* de la provincia[34], los alimentos generados por las cosechas de los predios, en concepto de pago y liquidación del interés devengado por el vencimiento de los préstamos fundacionales (pacto de anticresis). Además, los funcionarios y magistrados asignarían individualizadamente los pagos fundacionales en alimentos a los niños y niñas inscritos en la actividad fundacional[35]. También es posible que aquéllos estuviesen facultados para conceder nuevos créditos fundacionales de dinero público en anticresis, dinero recaudado bien por amortizaciones y cancelaciones totales de las deudas hipotecarias de los beneficiarios, bien por ejecución mediante subasta fiscal *ex leges praediatoriae* del patrimonio fundiario de los deudores prendarios insolventes.

Estas características, que son constatadas por las Tablas de *Veleia* y de *Ligures Baebiani*, describen los rasgos distintivos que nutren a la naturaleza jurídica clásica de la actividad institucional fundacional pública del Estado imperial. Sin embargo, algunos historiadores han puesto objeciones a que los programas de alimentos imperiales puedan ser considerados fundaciones de utilidad pública en beneficio de los niños pobres. Así, Gregg E. Gadner cree que en el mundo greco – romano la población "were identified as either citizens or no citizen (...) the poor as a distinct social entity was invisible[36]". Una objeción, que para nosotros, tal vez es anacrónica, puesto que en el Mundo Antiguo rige el principio de personalidad, por el cual cada individuo tiene un *status* diferente frente al ordenamiento jurídico de su ciudad[37]. Es por ello, que los *alimenta* fueron destinados a niños y niñas ciudadanos romanos plebeyos pobres. Sólo estos últimos, como nacionales romanos (*status civitatis*), podían tener derechos y, en consecuencia, ser beneficiarios del dinero fiscal público que financiaba los créditos de los que surgían los intereses en anticresis que daban soporte patrimonial estable a las fundaciones de alimentos.

Por otra parte, desde una óptica demográfica, R. Ducan – Jones[38] y T.S. Miller[39], objetan que los programas

30 Salmon E.T. "*A History of the Roman World: From 30 B.C. to AD. 138*", 1944, reprinted 2004, London, p. 270.

31 De Visscher F., s.v. *Fondazione* (Diritto Greco)… *cit*., p. 430.

32 Plinio. *Paneg*. Cp. 28: "*Paullo minus, Patres Conscripti, quinque millia ingenuorum fuerunt, quae liberalitas principis nostri conquisivit, invenit, adscivit*".

33 Papa. G., "*Note sulla tabula alimentaria di Veleia*", en Labeo, vol. 1 (1994), p. 61

34 Así lo cree Bennet J., "Trajan: *Optimus Princeps*", 1ª edición 1997, reimpresión 2005, London – New York, 2005 p. 82: "Once the quota had been filled, a sum equivalent to twenty times the amount of the benefit needed was given by the treasury to the community, and parcelled out among local landowners by the local *quaestores alimentum*, supervised by regional senatorial *curatores rei alimentariae*".

35 En este sentido, Papa. G., cit. p. 61.

36 Gadner G. E., "*The Origins of Organizated Charity in Rabbinic Judaims*", Cambridge University Press, New York, 2015, p. 10.

37 Volterra E., "*Instituciones de Derecho Privado Romano*", trad. J. daza, Madrid, 1986, p. 78.

38 Ducan – Jones, R. *cit*. p. 291.

39 Miller S. T., "*The Orphans of Byzantium: Child Welfare in the Christian Empire*", ed. The Catholic University of America Press,

fundacionales de alimentos imperiales (calificados, incluso, por J. Benett[40], como "public alimentary sistem") constituían subsidios que tenían como finalidad el fomento de la natalidad, el crecimiento de las ciudades y el sustento de nuevos ciudadanos romanos (varones itálicos) para sostener los ejércitos imperiales. Sin embargo, estimamos que estos fines constituyeron claros objetivos de utilidad pública fundacional para el Estado romano y un honor público de interés general para las ciudades y los municipios de Italia, y, posteriormente, de las provincias del Imperio[41]. Así, aunque, Greff Woolf ha sostenido que los *alimenta* no fueron diseñados como fundación para aliviar la pobreza[42], creo que ciertamente, las fundaciones alimentarias del Estado permitieron no sólo nutrir, sino también vestir, y, posiblemente, educar a niños y niñas, ciudadanos plebeyos pobres[43] de Italia y de las provincias durante varios siglos. Actividad tal vez iniciada por Nerva, quien *Tutela Italiae*[44]. Este Emperador protegió no sólo a las madres y las viudas, sino también a la infancia pobre. Además estableció un fondo de sesenta millones de sertercios, que fue destinado a la compra de fundos y a su explotación para la alimentación de niños pobres de Italia[45]. Desde finales del siglo I d. C., los beneficiarios de *alimenta* fueron ciudadanos. Estos últimos eran huérfanos y niños expósitos pobres que estarían situados bajo tutela legítima y dativa. Y, probablemente también, serían beneficiarios de las fundaciones los niños y las niñas, ciudadanos pobres, *alieni iuris*, bajo *patria potestas* de un *paterfamilias* plebeyo sin recursos económicos. *Paterfamilias* que velaría, además, por el cuidado, la nutrición y la educación de sus hijos e hijas en el seno de su propia familia.

No cabe duda que este espíritu de liberalidad fundacional se expandió por toda Italia y dejó una huella profunda en la sociedad romana y en su Derecho clásico. Los instrumentos jurídicos de este último dieron forma y soporte jurídico a las fundaciones alimentarias públicas de Trajano y de sus sucesores, y, además, sirvió de antecedente jurídico fiel para el posterior desarrollo de los programas de beneficiencia, mediante *alimenta*, que fueron llevados a cabo por las fundaciones de caridad cristianas en el Bajo Imperio.

Además, se debe poner de relieve que el Estado Romano, fruto del desarrollo de su actividad pública fundacional y del cumplimiento de sus fines de nutrición y educación, ofrecía no sólo la posibilidad futura de contraer un matrimonio legítimo a las niñas, sino también la posibilidad de integrar a los niños en las legiones profesionales. A diferencia, de los orfanatos cristianos del Bajo Imperio, que educaban, pero no preveían ni garantizaban ningún medio futuro de vida, los *alimenta* sí abrían una expectativa futura sólida de obtener un medio de vida a todos sus beneficiarios. A las niñas, la posibilidad de integrarse como *uxores* en una familia romana y a los niños la posibilidad de emanciparse, comenzar y desarrollar una vida profesional de éxito en el ejército profesional, así como la posibilidad de promocionar en los escalafones de la carrera militar. En consecuencia, también se daba oportunidad al azar de abrir las puertas del *cursus honorum* de los beneficiarios, es decir, el derecho de estos últimos de poder presentar, posteriormente, sus candidaturas a los honores de las magistraturas públicas en la vida civil. Es por ello, que esta concepción de los *alimenta* no es un obstáculo para que puedan ser concebidos, desde la óptica del Derecho clásico, como una institución fundacional de utilidad pública permanente. Precisamente estos fines de interés general para el Estado y sus ciudadanos reafirmaron la naturaleza jurídica primigenia: la nutrición de la infancia nacional romana pobre. Es evidente, que los *alimenta* generaron una expectativa de vida futura a sus beneficiarios. Pero esta posibilidad fue una consecuencia posterior del desarrollo de la actividad fundacional previa que desarrollaba el Estado romano. Aunque aquella expectativa de vida posterior no era propiamente el fin primigenio de la actividad fundacional, que consistía en el sustento de niños y niñas pobres, de no haber sido por la labor de estas fundaciones públicas de los emperadores (*ut ex indulgentia optimi maximique principis*[46]) muchos de aquellos niños y niñas, probablemente, tampoco habrían vivido por falta de nutrición y sustento. También, desde una óptica privada, como analizamos en el apartado anterior, los ciudadanos instituyeron fundaciones privadas filantrópicas de sustento, alimentación, educación y enseñanza de los niños. Plinio estableció una fundación alimentaria en favor de los niños pobres de *Novum Comun* y, además, aconsejó a su amigo Caninio que siguiese sus mismos pasos[47]. Incluso,

Washington D.C., 2003, pp. 31 - 32.

40 Bennet J., *cit*. p. 82.

41 D. 30.122**.** *Paulus libro tertio regularum*.

42 Woolf G., "*Food, Poverty and Patronage: The Significance of the Epigrahy of the Roman Alimentary schemes in Early Imperial Italy*", en Papers of the British School at Rome 58 (1990), pp. 197 – 228.

43 C.I.L. 5262: *VIVUS DEDIT IN ALIMENTA PUERORUM ET PUELLARUM PLEBIS URBANAE HS D.* D. 30.117, Marcianus Libro XIII Institutionum: "*Si quid relictum sit civitatibus, omne valet, sive in distributionem relinquatur sive in opus sive in alimenta vel in eruditionem puerorum sive quid aliud*".

44 RIC2. Merlin A. "*Le grand bronze de Nerva*, *Tutelae Italiae*", en Revue Numismatique, vol. 10, 1906, pp. 298 -301.

45 Grainger J.D. "*Nerva and the roman succesión crisis of AD. 96 - 99*", ed. Routledge, 2003, London – New York, p. 57.

46 *CIL.XI*, n.1147 *EX TABULA OBLIGATIONIS PRAEDIORUM VELEIATE. C.I.L. IX*.1455 *EX TABULA LIGURUM BAEBIANORUM:* "*ex indulgentia eius pueri pu<<a>>ellaeq(ue) a[limenta a]ccipiant*".

47 Plinio, *Epistolae*, 7.18.

GUILLERMO SUAREZ BL

en la epigrafía funeraria de Plinio consta el espíritu jurídico fundacional de sus *alimenta: VIVUS DEDIT IN ALIMENTA PUERORUM ET PUELLARUM PLEBIS URBANAE HS D*[48] (= 500.000). Actividades fundacionales privadas que, todavía a comienzos del siglo III d. C., debieron ser muy profusas y debieron estar bastante extendidas por los municipios y las ciudades del Imperio[49].

Por todo ello, desde un punto de vista jurídico, creemos que los *alimenta* constituyeron fundaciones privadas y fundaciones públicas institucionales permanentes clásicas, que aunque carecieron de personalidad jurídica propia, sin embargo, fueron protegidas y desarrolladas por el propio Estado y sus corporaciones. Estas últimas también estaban dotadas de personalidad a *exemplum rei publicae*. Patrón jurídico que las permitía cumplir y mantener fines perpetuos colectivos de utilidad pública. En este sentido, A. Berger sostiene que "*pueri alimentarii* (*puera alimentaria*) are indigente children who received *alimenta* from either imperial or private foundations (*arca alimentaria, pecuniae alimentaria*). The supervisions of all such organizations in Italy and in the provinces was assigned to special *procuratores* (*quaestores*, *praefecti*) *alimentorum*[50]". Del mismo modo, como sostiene Paulo[51], los ciudadanos aprovecharon la personalidad y la perpetuidad pública de los entes corporativos municipales para el desarrollo de sus actividades fundacionales privadas. Por ello, como reporta J.L. Murga Gener en 1965, los caminos que se abrieron ya en el Derecho imperial con las fundaciones alimentarias constituyeron "como los primeros balbuceos en la existencia de la persona jurídica concebida como ficción, como un fin o destino de los bienes, en este caso el de proporcionar alimentos periódicos a niños generalmente[52]".

## 4. LA PERSONALIDAD JURÍDICA *HABERE CORPUS AD EXEMPLUM REIPUBLICAE,* COMO MEDIO JURÍDICO VEHICULAR DE LAS ACTIVIDADES FUNCIONALES EN LA ÉPOCA CLÁSICA

Como punto de partida, es posible sostener que ni en la etapa republicana ni en la etapa clásica, las fundaciones fueron concebidas por los juristas romanos como patrimonios dotados de personalidad jurídica artificial. La jurisprudencia clásica no reporta ninguna información de la que se pueda concluir su existencia. Los patrimonios que el fundador destina a una finalidad colectiva perpetua no son concebidos como *corpora* personificados, es decir, como entes patrimoniales legales independientes que tuviesen la titularidad de una serie de facultades, derechos y obligaciones similares a los que los ciudadanos romanos gozan con plenitud fruto de su *status civitatis*, es decir, como sujetos de derecho *optimo iure*. Con todo, de la misma forma que existieron sociedades mercantiles sin personalidad jurídica en la República y en el Imperio, de la misma forma podemos sostener que sí existieron fundaciones jurídicas públicas y privadas que, aunque operaron sin personalidad jurídica propia, desarrollaron su vida institucional mediante la protección de la personalidad jurídica del Estado o de otros entes territoriales. Esta circunstancia fue posibilitada por la creación genuina romana de Derecho público de la institución jurídica de *corpora* y de *universitates personarum.* Molde jurídico concedido por el poder público, del que se beneficiaron los entes territoriales, municipios y colonias romanos que se constituyeron como espejos del Estado (*ad exemplum Reipublicae*[53]). En efecto los entes municipales fueron dotados de *res communes*, *arcam communem sive syndicum*[54]. Este patrón jurídico corporativo permitió a los disponentes integrar sus voluntades, patrimonios y actividades fundacionales (privadas y públicas) perpetuas y sin ánimo de lucro en el seno de todas aquéllas. De este forma indirecta, el Derecho público romano había posibilitado que cualquier disponente pudiese integrar su voluntad fundacional privada en un ente territorial corporativo independiente autónomo, y, en consecuencia, separado de sus miembros, bien sea en el Estado (*Populus Romanus*) bien en cualquier otro ente territorial municipal de base corporativa creado *ad exemplum Reipublicae*. Mediante todos ellos, el disponente podía también dar cumplimiento a su voluntad fundacional, pues podía nombrar a estos como destinatarios del patrimonio fundacional para lograr la perpetuación intertemporal de los fines colectivos y filantrópicos por él establecidos.

En este marco jurídico, es evidente que, ni en la República ni en la época clásica, el patrimonio fundacional privado, del que se desprende el disponente, no está per se

48 *C.I.L.* 5262.

49 D. 30.117, *Marcianus libro XIII institutionum*.

50 Berger A. voz: "*Alimentarius*", en Encyclopedic Dictionary of Roman Law, vol. 43, n.2, 1ª ed. 1882, reimpresión 2008, New Jersey, p. 360. También, Bennet J., "Trajan: *Optimus Princeps*", 1ª edición 1997, reimpresión 2005, London – New York, 2005 p. 82

51 D. 30.122**.** *Paulus libro tertio regularum.*

52 Murga Gener J.L., "*El Testamento en favor de Jesucristo y de los Santos en el Derecho Romano Postclásico y Justiniano*", AHDE. n. 35 (1965) p. 385.

53 D. 3.4.1.1. *Gaius libro tertio ad edictum provinciale:* "*Neque societas neque collegium neque huiusmodi corpus passim omnibus habere conceditur: nam et legibus et senatus consultis et principalibus constitutionibus ea res coercetur. Paucis admodum in causis concessa sunt huiusmodi corpora: ut ecce vectigalium publicorum sociis permissum est corpus habere vel aurifodinarum vel argentifodinarum et salinarum. Item collegia Romae certa sunt, quorum corpus senatus consultis atque constitutionibus principalibus confirmatum est, veluti pistorum et quorundam aliorum, et navicularorum, qui et in provinciis sunt*".

54 D. 4.1.1**.** *Gaius libro tertio ad edictum provinciale:* "*Quibus autem permissum est corpus habere collegii societatis sive cuiusque alterius eorum nomine, proprium est ad exemplum rei publicae habere res communes, arcam communem et actorem sive syndicum, per quem tamquam in re publica, quod communiter agi fierique oporteat, agatur fiat*".

personificado. No es un ente o *corpora rerum* con personalidad jurídica artificial[55]. Es cierto, como sostiene G. Impallomeni, que "durante tutto il diritto clasico non sembra si sia riconosciuta la soggettività a nessum patrimonio autonomo[56]". Sin embargo, como admite Paulo[57], un patrimonio de una actividad fundacional (pública o privada) puede enraizar, vivir, desarrollarse y cumplir sus funciones en simbiosis y bajo la protección del Estado o de una corporación jurídica colectiva territorial personificada *ad exemplum Reipublicae*. Así bajo la capa y la tutela de un ente corporativo independiente, o corporación personificada por el Derecho público, que goza del privilegio de la imputación como titular de derechos y obligaciones, el patrimonio fundacional puede encontrar pilares que le permitan institucionalizarse y perpetuarse para el logro de sus fines públicos colectivos perpetuos sin ánimo de lucro. De este modo, en época clásica, el patrimonio que era vinculado a una corporación mediante una voluntad fundacional se impregnaba y se visualizaba por los terceros - ciudadanos, en la praxis, como una fundación investida de los ropajes y de la seguridad jurídica de las corporaciones de la *re publica*. Las corporaciones jurídicas territoriales municipales de la *re publica* fueron, en numerosas ocasiones, los entes personificados destinatarios del patrimonio que sirvieron de depósitos receptores y de medios o vehículos jurídicos para la institucionalización perpetua de numerosas voluntades fundacionales privadas sin ánimo de lucro. Pues, en último término, aquéllas, guiadas por el cumplimiento del honor y el ornato[58], vigilaban y protegían los bienes del disponente fundador, para que éstos fuesen destinados al cumplimiento colectivo e inamovible de sus fines[59]. En este sentido, también, el jurista Elio Marciano es concluyente: "*Si quid relictum sit civitatibus, omne valet, sive in distributionem relinquatur sive in opus sive in alimenta vel in eruditionem puerorum sive quid aliud*[60]".

Esta fue la solución aceptada como válida, aunque no siempre fiel como advirtió Plinio el Joven[61], por la jurisprudencia como método de institucionalizar las fundaciones en el periodo clásico. La frecuencia de recurrir a este medio indirecto para perpetuar la voluntad del instituyente motivó que las fundaciones de la época clásica fuesen designadas por Le Bras[62], F. de Visscher[63] y J. Gaudemet[64] como "fundaciones indirectas" y como "fundaciones "en sentido lato". Incluso, según sostiene R. Feenstra[65], son "fundaciones impropias" por su falta de personalidad jurídica. Nosotros estimamos que son propiamente fundaciones jurídicas, aunque sin organización corporativa propia (*uncorporated foundation*). Con todo, la utilización de las corporaciones por los fundadores sirvió tanto para intentar dar un soporte institucional sólido de Derecho público[66] a sus voluntades unilaterales filantrópicas, como para intentar asegurar que sus patrimonios fuesen protegidos, administrados y destinados regularmente al cumplimiento de los fines colectivos perpetuos sin ánimo de lucro.

55 Santalucia B. *cit*. p. 775.

56 Impallomeni G., voz. "*Persona Giuridica*", en NDI., vol. 12, 1957, p. 1031.

57 D. 30.122. *Paulus libro tertio regularum.*

58 D. 30.122**.** *Paulus libro tertio regularum:* "*quod ad honorem ornatumque civitatis pertinet*".

59 Plinio, *Epistolae*. 7.18. Santalucia B. cit. p. 775: "Il criterio maggiormente seguito fu quello di lasciare per mezzo di legati o donazioni, dei beni ad una collettività per sua natura durevole (*collegia* e sopratutto *municipia*) assoggetando la stessa all´incombenza di destinare le rendite alle finalità volute del disponente".

60 D. 30.117, *Marcianus libro XIII institutionum.*

61 Plinio, *Epistolae* 7.18.

62 Le Bras, "*Les fondations privées du Haut Empire*", en Studi in onore di S. Riccobono, vol. 3, Palermo, 1936, p. 24.

63 De Visscher F., "*Les fondations privées en droit romain classique*", en RIDA, vol. II, 1955, p. 286.

64 Gaudemet J., "*Les fondations en Occident au Bass Empire*", en RIDA, 1955, vol. 2, p. 286.

65 Feenstra R., "*The Development of the Concept Foundation in Continental Law*", 1971. Acta Juridica, p.124.

66 Impallomeni G., voz. "*Persona Giuridica*", en NDI., vol. 12, 1957, p. 1029 sostiene que "originariamente le persone giuridiche sono regolate in prevalenza dal diritto publblico, nel cui ambito esse operano".

XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE ECONOMÍA
EMPREGO E INDUSTRIA

gain

ICCT
NSTITUTO CULTURA CIENCIA Y TECNOLOGIA