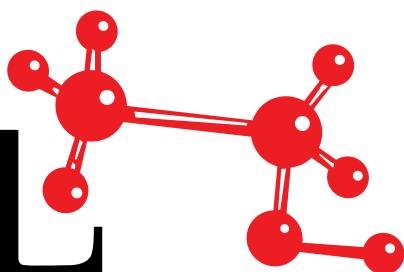


# MOL

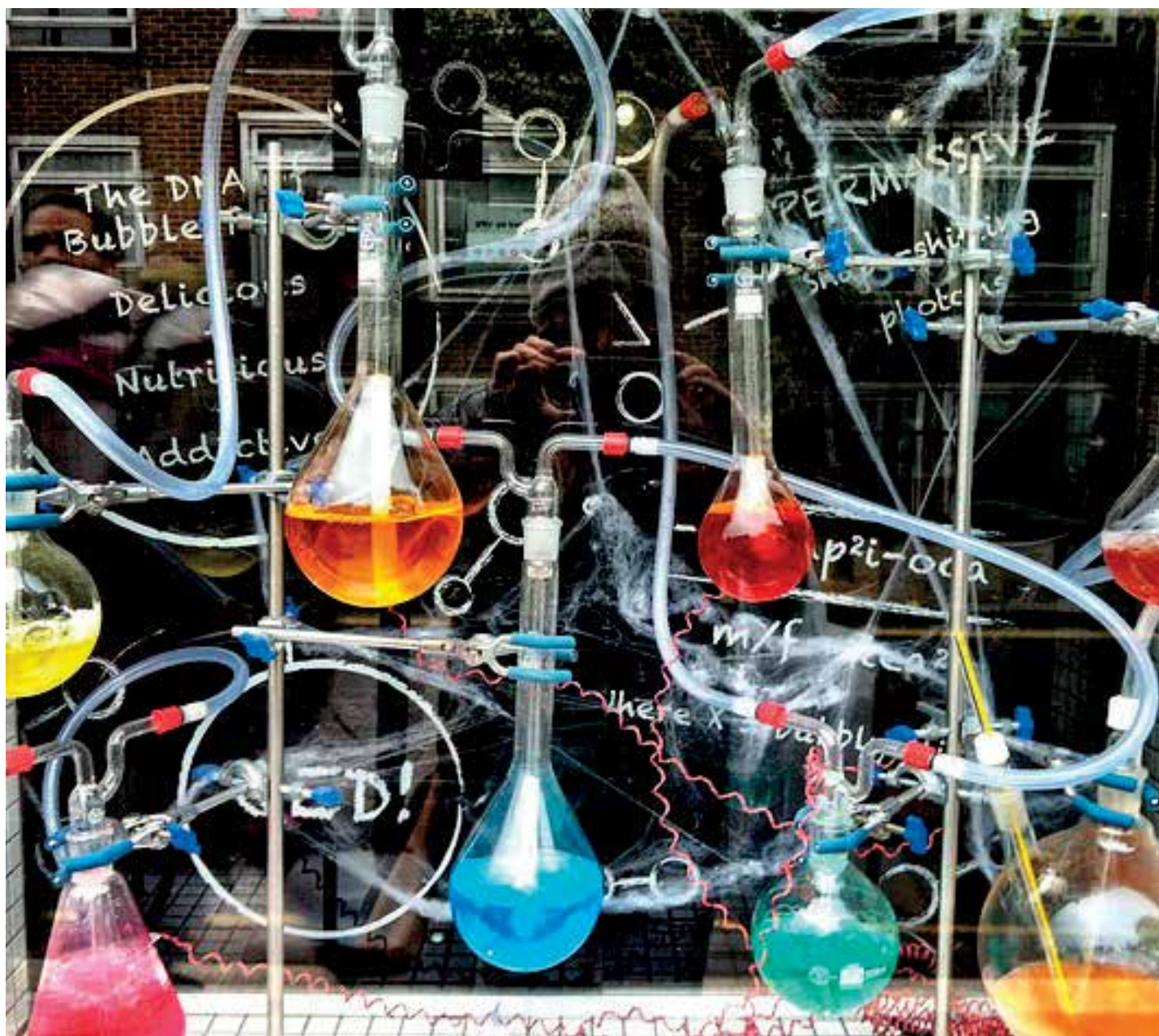


  
United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization

  
2019  
International Year  
of the Periodic Table  
of Chemical Elements

Nº 19

Diciembre -December, 2019



**SCG** *SOCIEDAD DE CIENCIAS DE GALICIA*  
*SCIENCE SOCIETY OF GALICIA*

**Imagen de portada**

Pressfoto / Freepiks.

**Cover page image**

Pressfoto / Freepiks.

**COMITÉ EDITORIAL / EDITORIAL BOARD****COORDINADOR DE PUBLICACIONES / PUBLICATIONS COORDINATOR**

Mslr Gonzalo Puerto. SPAIN

**EDITOR JEFE /EDITOR-IN-CHIEF**

Prof. Dr. Antonio M. De Ron

**EDITORES/EDITORS**

Dr Ana Bellón. Science journalism. SPAIN  
Dr Manuel L. Casalderrey. Chemistry. SPAIN  
Prof Jorge Del Rio Montiel. Engineering. MEXICO  
Dr Fernando Cobo. Hydrobiology. SPAIN  
Dr Marta Galván. Agronomy. ARGENTINA  
MSc José M. Gil. Mathematics. SPAIN  
Ms Daiva Jackuniene. Education. LITHUANIA  
Dr Rouxlene van der Merwe. Plant breeding. SOUTH AFRICA  
Prof Eleftheria Papadimitriou. Geophysics. GREECE  
Dr José B. Peleteiro. Oceanography. SPAIN  
Dr Laureano Simón. Biotechnology. SPAIN  
Dr Svetla Sofkova. Horticulture. NEW ZEALAND.  
Dr Grazina Tautvaisiene. Theoretical Physics and Astronomy. LITHUANIA  
Dr Francesca Sparvoli. Nutrition. ITALY

**EDITA / PUBLISHER**

SOCIEDAD DE CIENCIAS DE GALICIA – SCIENCE SOCIETY OF GALICIA (SCG)

García Camba 3, 6A. 36001 Pontevedra. España / Spain

Correo-e/E-mail: [info@scg.org.es](mailto:info@scg.org.es)

Tel: +34 669 423 454

Internet: <http://mol.scg.org.es/> - <http://mol-en.scg.org.es/>

Maquetación y diseño/Design: ENCAJA. Pontevedra. España / Spain

ISSN: 1133-3669

**Creative Commons:**

Reconocimiento (by): Se permite cualquier explotación de la obra, incluyendo una finalidad comercial, así como la creación de obras derivadas, la distribución de las cuales también está permitida sin ninguna restricción.

Recognition (by): Any exploitation of the work, including a commercial purpose, as well as the creation of derivative works, the distribution of which is also allowed without any restriction.



**ÍNDICE – INDEX**

|                                                                                                                                                                                                                                                             |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ESTUDIOS – STUDIES</b>                                                                                                                                                                                                                                   | <b>8</b>   |
| EN EL AÑO DE LA TABLA PERIÓDICA<br>Manuel Luis CASALDERREY                                                                                                                                                                                                  | <b>9</b>   |
| INFLUENCE OF DIFFERENT INTENSITY LIMING ON THE DISSOLVED ORGANIC CARBON ACCUMULATION IN ACID SOILS<br>Ieva MOCKEVIČIEN, Danut KARČAUSKIEN, Regina REPŠIEN, Gintaras ŠIAUDINIS, Regina SKUODIEN                                                              | <b>23</b>  |
| UNA CASA QUE ES UN MUSEO.<br>RECORRIDO POR LA BREVE HISTORIA DEL PRIMER CENTRO DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA DE SEVILLA<br>Iván Luis ALONSO PELÁEZ                                                                                                              | <b>32</b>  |
| A VIEW ON TEACHING/LEARNING SCIENCE IN THE BIG DATA ERA: NGS-NGS-NGS -THE NEXT GENERATION SEQUENCING-IN THE NEXT GENERATION SCIENCE-FOR THE NEXT GENERATION SOCIETY-<br>Martha Helena RAMÍREZ-BAHENA; Álvaro PEIX; Eulogio BEDMAR                           | <b>40</b>  |
| RELEVANCE OF THE RHIZOBIA-LEGUMES SYMBIOTIC INTERACTION FOR THE ADVANCE OF SUSTAINABLE AGRICULTURE: 75 YEARS OF RESEARCH IN THE MBG-CSIC (SPAIN)<br>Antonio M. DE RON; Juan Leonardo TEJADA HINOJOZA; A. Paula RODIÑO                                       | <b>53</b>  |
| TALAS DE VEGETACIÓN RIPICOLA EN LA PROVINCIA DE PONTEVEDRA<br>Ignacio S. SANTOS PIÑEIRO                                                                                                                                                                     | <b>62</b>  |
| INFLUENCIA DEL PATRÓN SOBRE LA SEVERIDAD DE LAS INFECCIONES POR<br><i>Lasiodiplodia theobromae</i> ((Pat.) Griffon & Maubl.) EN AGUACATE ( <i>Persea americana Mill.</i> ) VAR. HASS<br>Luis A. ALVAREZ1, Miguel A. AQUÍJE GARCIA1, Juan L. TEJADA HINOJOZA | <b>73</b>  |
| EL COMPOST COMO FUENTE DE MATERIA ORGÁNICA<br>Y DE MICROORGANISMOS BENEFICIOSOS PARA LA AGRICULTURA<br>Germán TORTOSA; Eulogio J. BEDMAR                                                                                                                    | <b>83</b>  |
| UNDERSTANDING URBAN TOURISM IN BALDHA GARDEN AND BAHADUR SHAH PARK OF DHAKA CITY (BANGLADESH) BY STUDYING THE INTERACTIONS BETWEEN VISITORS AND PLANTS<br>Shaila I. SATU; Kamrun NAHAR; Md. A. KASHEM; Shahrear AHMAD                                       | <b>96</b>  |
| <b>INSTRUCCIONES PARA AUTORES</b>                                                                                                                                                                                                                           | <b>106</b> |
| <b>INSTRUCTIONS FOR AUTHORS</b>                                                                                                                                                                                                                             | <b>108</b> |

## ESTUDIOS – STUDIES

AÑO INTERNACIONAL DE LA TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS

INTERNATIONAL YEAR OF THE PERIODIC TABLE



United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization



International Year  
of the Periodic Table  
of Chemical Elements

## EN EL AÑO DE LA TABLA PERIÓDICA

Manuel Luis CASALDERREY\*

Catedrático de Física y Química jubilado. Pontevedra, España

\*mlcasalderrey@mundo-r.com

Recibido: 09-10-2019

Aceptado: 19-10-2019

Publicado on-line: 31-12-2019

### Resumen

El trabajo se escribe teniendo como guía el Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos proclamado por la ONU para 2019, en el 150º aniversario de la realización de la Tabla Periódica (TP) por Mendeléiev. Se analizan brevemente los antecedentes de la TP de Mendeléiev: triadas de Döbereiner y octavas de Newlands, para centrar el trabajo en la tabla de Mendeléiev, comenzando por su vida profesional y personal. *Principios de Química* es la obra más querida de Mendeléiev y en ella se recoge la ley periódica. Inversiones en la colocación de elementos y huecos para elementos aún sin descubrir, son las dos genialidades de Mendeléiev en la organización de su tabla. La parte final del trabajo está destinada a la tabla periódica actual. Se hace un breve recorrido por los distintos grupos de elementos. Se termina con los elementos químicos descubiertos por españoles, los elementos finales sintetizados (número atómico superior a 103) y los elementos descubiertos por mujeres.

### Abstract

This work is based in the International Year of the Periodic Table of the Chemical Elements proclaimed by the UN for 2019, on the 150<sup>th</sup> anniversary of the Periodic Table (TP) by Mendeléiev. The antecedents of the Mendeléiev TP are briefly analysed: Döbereiner triads and Newlands octaves, to focus the work on Mendeléiev Table, beginning with his professional and personal life. *Principles of Chemistry* is Mendeléiev most beloved work and it includes the periodic law. Investments in the placement of elements and holes for elements not yet discovered, are the two genius of Mendeléiev in the organization of his Table. The final part of this work is devoted to the current periodic table, including a brief tour of the different groups of elements. Finally, the work finish with the chemical elements discovered by Spaniards, the final elements synthesized (atomic number greater than 103) and the elements discovered by women.

### Introducción

La ONU ha proclamado 2019 como el Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos, al cumplirse el 150º aniversario de la realización de la Tabla Periódica (TP) por Dimitri Ivánovich Mendeléiev. Con esta celebración se pretende incrementar la concienciación global sobre el papel clave que desempeña la Química en el Desarrollo Sostenible, al mismo tiempo que proporciona importantes soluciones a desafíos globales tales como la energía, la alimentación, la salud o la educación.

El desarrollo de la TP, que se inició con Mendeléiev, se considera uno de los logros más significativos de la Ciencia, al integrar diferentes campos de conocimiento: Química, Física, Biología, Geología, Astronomía. En la TP se agrupan ordenadamente todos los elementos (sustancias simples) que existen en la naturaleza y otros que se han obtenido sintéticamente. Mendeléiev organizó los elementos por orden creciente de masa atómica. Hoy se sitúan por orden creciente de número atómico: número de protones en el núcleo de los átomos de los elementos.

Conviene recordar los dos conceptos clave que sirvieron a Mendeléiev para construir la tabla periódica. El concepto de **elemento químico**: es una especie química (una sustancia pura) que no se puede descomponer en otras más sencillas. También el de **masa atómica** (peso atómico): masa de cada uno de los átomos que constituyen un elemento químico. Son dos planos distintos. El macroscópico (elemento, con sus propiedades características: densidad, volumen, temperaturas de fusión y de ebullición, etc.) y el ultramicroscópico (átomos iguales que forman el elemento con propiedades iguales: masa atómica, volumen atómico, distribución de los electrones en sus capas, valencia química, etc.). Posteriormente apareció el concepto de isótopos: átomos con igual número de protones y distinto número de neutrones, o lo que es lo mismo igual número atómico y distinto número másico.

En la organización de los elementos químicos en la tabla periódica se pone de manifiesto la búsqueda de regularidades, una de las características del método científico. Para ello fue necesario determinar experimentalmente las masas atómicas de los elementos conocidos.

La gran aportación de Mendeléiev fue la organización de los elementos en la TP. Pero también la de dejar huecos, que deberían ser ocupados por elementos todavía desconocidos, de los que predijo sus propiedades, teniendo en cuenta las de los elementos que rodeaban a ese hueco. Una vez descubiertos, se comprobó que las propiedades de los elementos que ocuparon esos huecos coinciden plenamente con las predicciones de Mendeleiev.

## 2. Antecedentes

---

La primera clasificación de los elementos químicos fue agruparlos en metales y no metales, atendiendo a sus características y propiedades.

### 2.1. Triadas de Döbereiner

---

Uno de los primeros pasos para la clasificación de los elementos se debe al químico alemán J. W. Döbereiner al establecer que había grupos de tres elementos (triadas), en los cuáles el elemento intermedio tenía una masa atómica de valor medio entre los otros dos elementos que formaban la triada. Son ejemplos de triadas: calcio estroncio bario; cloro bromo yodo; litio sodio potasio; azufre selenio telurio. Se llegaron a identificar hasta 20 triadas.

## 2.2. Octavas de Newlands

---

J. A. R. Newlands, profesor de Química en distintos centros de Londres, ordenó los elementos por orden creciente de masa atómica y observó que el octavo elemento, a partir de uno cualquiera, podía considerarse como una repetición del primero, de modo análogo a las notas de una escala musical. La primera octava estaba formada por los elementos: Li, Be, B, C, N, O, F. La segunda octava era: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl y son parecidas, respectivamente a las de la primera octava. Esta distribución coincide, en su mayor parte, con los periodos 2 y 3 de la tabla de Mendeléiev. El proceso de agrupamiento en ocho elementos no pudo extenderse más allá de las dos primeras octavas.

## 3. La tabla de Mendeléiev

---

Los intentos parciales de agrupación de los elementos químicos fueron superados por Dimitri Ivánovich Mendeléiev (1834-1907), quien ordenó los 63 elementos entonces conocidos por orden creciente de masa atómica y los vació en su tabla periódica. En ella los periodos (filas) tienen distintas longitudes y no se limitan a ocho elementos como decía Newlands. En las columnas (grupos) quedaban elementos con propiedades características parecidas y comportamientos químicos equivalentes. Ese fue su gran triunfo.

D. I. Mendeléiev nace en Tobolsk, Siberia, Rusia, el 8 de febrero de 1834, en el seno de una familia muy numerosa. Sus padres fueron Iván Páulovich Mendeléiev y María Dimitriesna Korniliev. Desde joven demostró un gran interés por la Ciencia y su madre impulsó esa vocación llevándolo a San Petesburgo, donde ingresó en el Instituto Pedagógico Central.

En 1855 se gradúa como profesor en el Instituto Pedagógico Central de San Petesburgo. El gobierno ruso le concede una ayuda económica para ampliar estudios de química en París y en Heidelberg entre 1859 y 1861. En de 1860 participa en el primer congreso internacional de químicos celebrado en Karlsruhe, entre los días 3 y 6 del mes de septiembre. La intervención de Cannizzaro en este congreso tuvo mucha influencia en la construcción de la tabla periódica de Mendeléiev, porque resolvió las dudas existentes sobre los conceptos de átomos y de moléculas y aportó valores más precisos de las masas atómicas de una serie de elementos. Es impensable que Mendeléiev estableciese la ley periódica de los elementos químicos, si no hubiese sido por las ideas adquiridas en Karlsruhe.

Mendeléiev adquiere el grado de doctor y es nombrado profesor de química general de la Universidad de San Petesburgo (1866). Un año más tarde consigue la cátedra de química de dicha universidad. Sus clases tuvieron un gran éxito y sus lecciones fueron recordadas por sus discípulos durante mucho tiempo. Su deseo de explicar química en un cuadro único ordenado le llevó a buscar una ley general que rigiese para todos los elementos, descubriendo en 1869 (hace ahora 150 años) su ley periódica y publicó su Tabla Periódica de los Elementos, que le dio fama universal y grandes reconocimientos, aunque no en su país. Los elementos estaban ordenados según el valor de sus masas atómicas y presentan una clara periodicidad en sus propiedades.

Su labor fue brillante como profesor, investigador, escritor y en las mejoras que propuso en las explotaciones de la industria del petróleo del Cáucaso y de las minas de carbón en los Urales.

Como apoyo de sus clases, Mendeléiev escribe su gran obra: *Principios de Química*, de la que se hicieron hasta ocho ediciones, cada una de ellas mejorada y actualizada. En la de 1869 aparece, como primicia, su ley periódica plasmada en su tabla periódica.

Mendeléiev llevó una vida personal atormentada. La influencia que ejerció su hermana Olga sobre él, le llevó a casarse en 1862, por conveniencia, con Feozva Nikitichna Lescheva, seis años mayor que él. Tuvieron tres hijos. Parece ser que Mendeléiev nunca amó a Feozva. A los 43 años Mendeléiev se enamora perdidamente de Ana Ivanova Popova, una joven estudiante de Arte de 17 años. Con muchas dificultades consiguió el divorcio de su primera mujer y se casó en 1882 con Ana. Tuvieron cuatro hijos (dos hijas y dos hijos),

En 1893 Mendeléiev es nombrado director de la Oficina de Pesas y Medidas, cargo que desempeña hasta su muerte el 2 de febrero de 1907 en San Petesburgo, a consecuencia de una gripe.

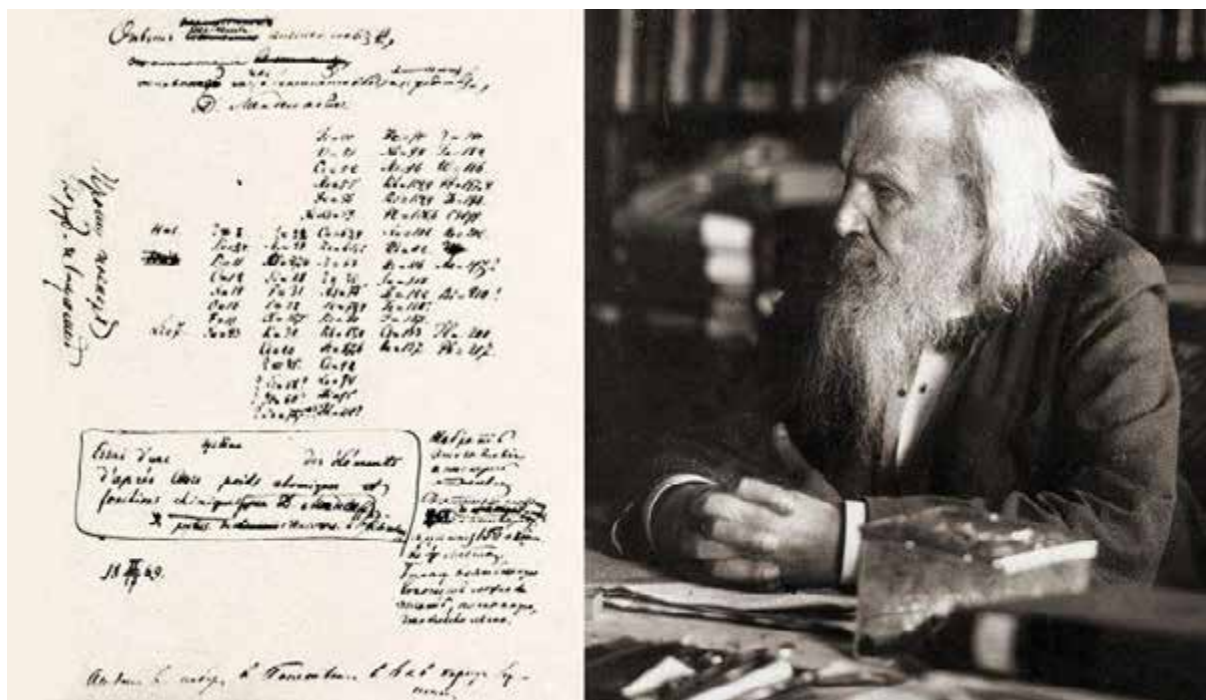


Figura 1. Mendeléiev y su tabla

Tomada de: <http://departamento.pucp.edu.pe/ciencias/noticias/la-tabla-periodica-cumple-150-anos/>

#### 4. Principios de Química

Como ya hemos dicho, *Principios de Química* es la obra más querida de Mendeléiev. Se publicaron ocho ediciones en vida y se siguió publicando hasta 40 años después de su muerte. La ley periódica de los elementos químicos es la piedra angular sobre la que edificó su obra *Principios de Química*. La ley periódica, base de la tabla periódica de Mendeléiev,

fue presentada a los miembros de la Sociedad Rusa de Química con la exposición de los siguientes puntos:

- 1º. Los elementos químicos ordenados según el valor de sus masas atómicas manifiestan con claridad propiedades periódicas.
- 2º. Los elementos que se asemejan en sus propiedades químicas, presentan masas atómicas próximas o que aumentan con regularidad.
- 3º. La disposición de los elementos químicos en orden de sus masas atómicas, se corresponde con su valencia y su comportamiento químico.
- 4º. La magnitud de la masa atómica determina el carácter del elemento.
- 5º. Hay que esperar al descubrimiento de nuevas sustancias simples todavía desconocidas, en clara alusión a los huecos que dejó en su tabla periódica.
- 6º. A veces la masa atómica de un elemento puede corregirse mediante el conocimiento de las masas atómicas de los elementos contiguos.

La primera versión de la tabla periódica de Mendeléiev contenía 63 elementos. La forma de la tabla se obtiene al ordenar los elementos según los valores crecientes de sus masas atómicas en series verticales, de modo que las filas horizontales contienen elementos semejantes en sus propiedades, que también están organizados en orden creciente de sus masas atómicas.

## **5. Inversiones y huecos en la tabla de Mendeléiev**

---

### **5.1. Inversiones en el orden de los elementos**

---

Aunque Mendeléiev siguió el orden creciente de masas atómicas para ordenar los elementos en su tabla periódica, cuando, a su criterio, los elementos no encajaban, modificaba su situación, alegando que las masas atómicas estaban mal calculadas y poniendo de manifiesto el predominio de las propiedades químicas sobre la masa atómica. Mendeléiev invirtió el orden de parejas de elementos, como en el caso del telurio (Te) y el yodo (I). Estos problemas quedaron resueltos en el momento en que se usó como criterio de ordenación de los elementos en la tabla periódica el número atómico (número de protones en el núcleo de los átomos) en vez de la masa atómica.

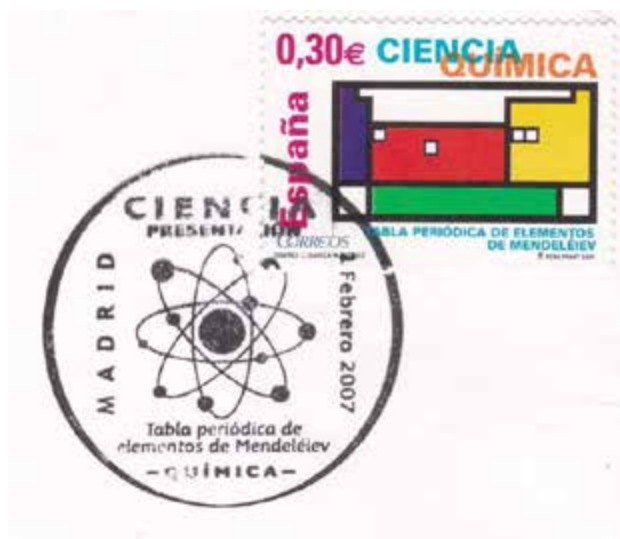


Figura 2. Sello conmemorativo de la tabla de Mendeléiev

## 5.2. Huecos en la tabla de Mendeléiev

Una de las genialidades de Mendeléiev fue dejar huecos en su ordenación de los elementos en la tabla periódica que, según él, serían ocupados por elementos que todavía no se habían descubierto. Mendeléiev dio a cada uno de estos elementos, que debían de descubrirse, un nombre provisional formado por el elemento inmediatamente superior conocido y un prefijo, tomado del sanscrito (eka, primero y dwi, segundo), que indicaba el número de espacios existentes en la tabla por debajo del elemento de referencia.

**Tabla 1. Predicción de Mendeléiev y descubrimiento de nuevos elementos**

| Predicción de Mendeléiev | Nombre actual   |
|--------------------------|-----------------|
| Eka-aluminio             | Galio (1875)    |
| Eka-silicio              | Germanio (1886) |
| Eka-boro                 | Escandio (1879) |
| Eka-cesio                | Francio         |
| Eka-tántalo              | Protactinio     |
| Dwi-teluro               | Polonio         |
| Eka-manganeso            | Tecnecio (1)    |
| Dwi-manganeso            | Renio           |

(1) Producido artificialmente

Con motivo de la celebración del año de la Ciencia en 2007, Correos de España editó varios sellos conmemorativos. El de Química reproduce esquemáticamente la tabla periódica para conmemorar el centenario del fallecimiento de Dimitri Mendeleiev (1834-1907).

En el dibujo del sello (figura 2), los dos primeros grupos (alcalino y alcalino térreos) van coloreados en un azul intenso. Los seis últimos grupos, de la derecha, van en amarillo.

Los de transición, en medio de la tabla, en rojo y, los lantánidos y actínidos, al pie de la tabla, en verde. El esquema deja cuatro *ventanas* en blanco, en clara referencia a uno de los éxitos de la ordenación periódica de los elementos llevada a cabo por Mendeleiev. Como hemos dicho (5.2 y tabla 1) Mendeléiev dejó huecos en su tabla, que deberían ser ocupados por elementos todavía desconocidos, de los que predijo las propiedades que tendrían, teniendo en cuenta las de los elementos que rodeaban a ese hueco. Las propiedades de los elementos que ocuparon esos huecos coincidieron plenamente con las predicciones de Mendeleiev. Ese fue su gran triunfo.

Sin embargo, Mendeléiev no hizo ninguna predicción respecto al grupo de los gases nobles, que no estaban incluidos en su tabla. El Argón se descubrió en 1894, el Helio en 1895 y Neón, Kriptón y Xenón en 1898.

## 6. La tabla periódica actual

En la tabla periódica actual los elementos están ordenados por orden creciente de número atómico. El número atómico es el número de protones que tiene un átomo en su núcleo. Coincide con el número de electrones en los átomos neutros, pero no así en los iones. Los iones positivos tienen menos electrones que protones y los negativos más electrones que protones.

### 6.1. Breve descripción de algunos de los grupos de la tabla periódica

|    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1  |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2   |     |
| 3  | 4  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
| 11 | 12 |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  |
| 19 | 20 | 21 | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  |
| 37 | 38 | 39 | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  | 47  | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  |
| 55 | 56 |    | 72  | 73  | 74  | 75  | 76  | 77  | 78  | 79  | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  |
| 87 | 88 |    | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 |
|    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 57 | 58 | 59 | 60  | 61  | 62  | 63  | 64  | 65  | 66  | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  |     |     |     |
| 89 | 90 | 91 | 92  | 93  | 94  | 95  | 96  | 97  | 98  | 99  | 100 | 101 | 102 | 103 |     |     |     |

Figura 3. Tabla periódica con solo los números atómicos. Son 118 los elementos de la Tabla. Tomado de: Gray, Theodore. 2011. Los elementos. Larouse Editorial S. L. Barcelona

## TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS

The image shows a standard periodic table of elements. It is color-coded by groups: alkali metals (orange), alkaline earth metals (yellow), transition metals (green), lanthanides (light blue), actinides (dark blue), metalloids (light green), non-metals (pink), and noble gases (purple). Each element cell contains its symbol, atomic number, and name. A legend on the right lists the groups and their colors. A callout for Boron (B) shows its atomic number (5) and mass (10.811).

Figura 4. Tabla periódica con símbolos y nombres de los 118 elementos conocidos. Tomada de: [https://www.google.es/search?q=tabla+peri%C3%B3dica+de+los+elementos&sxsrf=ACYBGNOjdecFHxbdp9boihy8HtB6qo-Pg:1570204190590&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwik3YS4-oLIAhUrA2MBHcZSDRAQ\\_AUIESgB&biw=1093&bih=498&dpr=1.25#imgrc=9\\_pEb5hd\\_HXWvM](https://www.google.es/search?q=tabla+peri%C3%B3dica+de+los+elementos&sxsrf=ACYBGNOjdecFHxbdp9boihy8HtB6qo-Pg:1570204190590&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwik3YS4-oLIAhUrA2MBHcZSDRAQ_AUIESgB&biw=1093&bih=498&dpr=1.25#imgrc=9_pEb5hd_HXWvM)

The image shows a simplified periodic table focusing on the first two groups: alkali metals and alkaline earth metals. The elements are arranged in a grid, with their atomic numbers and symbols. The first group (alkali metals) is highlighted in yellow, and the second group (alkaline earth metals) is highlighted in green. The rest of the table is empty.

Figura 5. Elementos alcalinos y alcalinotérreos. Tomado de: Gray, Theodore. 2011. Los elementos. Larousse Editorial S. L. Barcelona

Con la ordenación por número atómico, se solucionan los problemas que habían llevado a Mendeléiev a invertir el orden de algunos elementos.



**Figura 7. Elementos no metálicos y algunos metales (Sn, Pb). Tomado de: Gray, Theodore. 2011. Los elementos. Larouse Editorial S. L. Barcelona**

A blank periodic table grid is shown, with colored headers for groups. The grid is composed of white squares on a black background. The headers are as follows:

- Group 1: 1 (blue)
- Group 2: 2 (red)
- Group 3: 3 (green)
- Group 4: 4 (teal)
- Group 5: 5 (light blue)
- Group 6: 6 (light green)
- Group 7: 7 (yellow)
- Group 8: 8 (orange)
- Group 9: 9 (red-orange)
- Group 10: 10 (red)
- Group 11: 11 (orange)
- Group 12: 12 (yellow-orange)
- Group 13: 13 (yellow)
- Group 14: 14 (light green)
- Group 15: 15 (green)
- Group 16: 16 (teal)
- Group 17: 17 (blue-teal)
- Group 18: 18 (blue)

The grid is divided into four main sections by a horizontal line and a vertical line. The top-left section contains groups 1 and 2. The top-right section contains groups 3 through 10. The bottom-left section contains groups 11 through 12. The bottom-right section contains groups 13 through 18. The grid is currently empty, with no elements placed.

**Figura 8. Elementos halógenos y gases nobles. Tomado de: Gray, Theodore. 2011. Los elementos. Larouse Editorial S. L. Barcelona**

En la parte superior derecha de la TP se encuentran los no metales, aunque hay también algunos metales como el estaño (Sn, 50) y el plomo (Pb, 82) y otros con propiedades intermedias entre los metales y los no metales, como el semiconductor silicio (Si, 14), que tanta importancia ha tenido en el desarrollo de la electrónica actual (figura 7).

La penúltima columna es la de los halógenos (F, Cl, Br, I, At) (figura 8). Los elementos halógenos son muy reactivos, pero los compuestos que forman son estables: es el caso de la sal común, el cloruro de sodio (NaCl). La última columna es la de los gases nobles (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn) (figura 8). Son elementos inertes que no tienen tendencia a reaccionar, aunque se conocen algunos compuestos del xenón (Xe, 54).

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68  | 69  | 70  | 71  |
| 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 |

Figura 9. Elementos lantánidos y actínidos. Tomado de: Gray, Theodore. 2011. Los elementos. Larouse Editorial S. L. Barcelona

Los dos grupos que están en la parte baja de la TP y separados un poco del resto de la tabla se conocen como tierras raras. La fila de arriba, que comienza con el lantano (La, 57) se conoce como la de los lantánidos. La fila de abajo, que comienza con el actinio (Ac, 89) es, lógicamente, la de los actínidos. Todos los actínidos son radiactivos. Los más conocidos son el uranio (U, 92) y el plutonio (Pu, 94). El plutonio, al igual que el resto de los elementos posteriores al uranio, no existe en la naturaleza, sino que se obtiene artificialmente. El isótopo de este elemento, el plutonio-239, se conoce desde hace tiempo, de tal manera que la bomba lanzada sobre Nagasaki contenía ya plutonio-239, que es material fisionable, es decir sirve para fabricar bombas atómicas y para el aprovechamiento pacífico de la energía nuclear en los reactores nucleares de fisión.

## 7. Elementos químicos *españoles*

De los 118 elementos que figuran en la TP actual, tres fueron descubiertos por españoles: Vanadio, Wolframio y Platino.

La existencia del Vanadio (V), de número atómico 23, fue reconocida por primera vez en 1801 por el mineralogista español Andrés Manuel del Río. El descubrimiento del Vanadio también se atribuye a Sefstrom, médico y químico sueco. Por sugerencia del gran Berzelius, Sefstrom le dio el nombre de Vanadio en honor de Vanadis, la diosa escandinava del amor y la belleza.

C. W. Scheele fue el primero en mostrar la existencia de un nuevo elemento en la *scheelita*, un mineral muy denso, al que los mineros llamaban piedra pesada (*tung sten*). Posteriormente daría lugar a uno de los nombres del elemento (tungsteno). Sin embargo, los primeros en aislarlo, a partir de la wolframita, fueron los hermanos Juan José y Fausto Eluyar, al que dieron el nombre de wolframio (W), de número atómico 74. Los Elhuyar realizaron las investigaciones sobre el Wolframio en el Centro Español Seminario de Vergara. Como hemos dicho, el wolframio recibe también el nombre de Tungsteno, pero el símbolo es W. *El tío Tungsteno* es un magnífico libro de Oliver Sacks cuya lectura recomiendo (2001, Editorial Anagrama, Barcelona). Sin embargo, debería haberse titulado *El tío Wolframio* o *Volframio*, ya que ese es el nombre del elemento químico número 74, reconocido universalmente y cuyo símbolo es W.

El Platino (Pt), de número atómico 78, es descrito por primera vez en 1748 por Antonio de Ulloa, matemático y marino sevillano. Junto con Jorge Juan participó en la medida del meridiano terrestre. Ulloa descubrió el Platino en Ecuador y primeramente le llamó platina, por su parecido con la plata. Ulloa tuvo una vida muy activa: reorganizó la Escuela de Medicina y Cirugía, estructuró la industria textil, mejoró la encuadernación, impulsó las minas de Almadén y fue el primer gobernador de Luisiana en el periodo de dominación española.

## 8. Elementos químicos sintetizados

De los 118 elementos que forman la TP actual, 92 están presentes en la naturaleza. Los 26 restantes se han sintetizado de alguna forma en laboratorios y aceleradores. Son los conocidos como elementos transactínidos o elementos supermasivos. Tienen un número atómico (NA), número de protones en el núcleo, superior a 103, que corresponde al último de los actínidos.

Para sinterizar estos nuevos elementos químicos se usan aceleradores de partículas, tipo ciclotrón, que incrementan la energía a través de un movimiento en espiral y consiguen partículas con velocidades próximas a la de la luz. Se usa una fuente de iones (átomos con carga eléctrica) que se inyectan en el ciclotrón. Cuando alcanzan la velocidad requerida, se extraen y se hacen chocar con átomos de elevada masa molecular (pesados). Solo en contadas ocasiones la colisión origina una fusión entre el ion y el átomo pesado, para producir un átomo superpesado, que alcanza un detector que determina sus características para confirmar si se trata de un nuevo elemento. Los sintetizados son elementos muy inestables y se desintegran muy rápidamente.

El primero de los transactínidos es el Rutherfordio, Rt, de NA 104 y el último el Organesón, Og, de NA 118.

## 9. Las mujeres y la tabla periódica

---

Hasta mediados del siglo XX, el papel femenino en la ciencia fue escaso y esporádico. De todos modos, unas cuantas mujeres científicas han contribuido a completar la tabla periódica con sus descubrimientos de nuevos elementos químicos. (Sabadell, Miguel Ángel, 2019. Heroínas de la tabla periódica. Muy Interesante. Número 457, páginas 90-93).

### 9.1. Marie Curie

---

La excepción fue la polaca, nacionalizada francesa, Marie Curie quien ganó dos premios Nobel: el de Física en 1903 y el de Química en 1911. En colaboración con su marido, Pierre Curie, descubrió dos nuevos elementos: el **polonio (Po, 84)** y el **radio (Ra, 88)**.

### 9.2. Lise Meitner

---

Lise Meitner, judía, huyó de la Alemania nazi un año antes del inicio de la II guerra mundial. Descubrió el **protactinio (Pa, 91)**. Contribuyó decisivamente al establecimiento del concepto de fisión nuclear, base de los reactores atómicos de fisión y de las bombas atómicas. En el proceso de fisión se libera una gran cantidad de energía fruto de la transformación de masa en energía, de acuerdo con la ecuación de Einstein:  $E = mc^2$ . A la hora de la concesión del Nobel de Química por el descubrimiento de la fisión, se *olvidaron* de Lise Meitner y se lo otorgaron a Otto Hahn, codescubridor del fenómeno de la fisión.

### 9.3. Marguerite Perey

---

Estudió con Marie Curie y descubrió el **francio (Fr, 87)**. Marguerite Perey impulsó la incorporación de las mujeres francesas a la ciencia.

### 9.4. Berta Karlik

---

Física austríaca que descubrió el **astato (At, 85)**, elemento radiactivo que se produce a partir de la degradación del uranio y el torio.

### 9.5. Ida Noddack

---

Junto con su esposo, esta física alemana, descubrió el renio (Re, 75), denominado así en honor al río Rin.

## 10. Bibliografía

---

Alfonseca, M. 1996. Diccionario Espasa: 1000 grandes científicos. Espasa Calpe. Madrid.

Babor, JA, Ibarz, J. 1965. Química General Moderna. Editorial Marín S.A. Barcelona.

Gray, T. 2011. Los Elementos. Larousse Editorial, S. L, Barcelona.

Román Polo, P. 2002. El profeta del orden químico: Mendeléiev. Editorial Nivola. Madrid.

Sachks, O. 2003. El tío Tungsteno. Editorial Anagrama. Barcelona

## INFLUENCE OF DIFFERENT INTENSITY LIMING ON THE DISSOLVED ORGANIC CARBON ACCUMULATION IN ACID SOILS

Ieva MOCKEVIČIENĖ\*; Danutė KARČAUSKIENĖ; Regina REPŠIENĖ; Gintaras ŠIAUDINIS; Regina SKUODIENĖ

DVėžaičiai Branch of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, Veizaiciai, Lithuania

\* ieva.mockeviciene@lammc.lt

Received: 01-october, 2019

Accepted: 03-november, 2019

Published on-line: 31-december, 2019

### Abstract

Soil quality has become an important issue in soil science. Dissolved organic carbon (DOC) is believed to play an important role in soil processes. It is much more sensitive to soil management than is soil organic matter as a whole, and can be used as a key indicator of soil natural functions. This study aimed to assess the different intensity liming influence to DOC accumulation. Study was carried out on the moraine loam soil at the Veizaiciai Branch of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry in 2011-2013. During this study different amounts (18.4 and 104.9 t ha<sup>-1</sup>) of lime materials were incorporated into the soil and affected the formation of two soil pH<sub>KCl</sub> levels – acidic (5.6) and near to neutral (6.7). DOC was analyzed using ion chromatograph SKALAR. The chemical properties of *Dystric Glossic Retisol* depended on the amount of incorporated lime. Soil liming at the highest rates (0.5 rate every 7 years and 2.0 every 3–4 years) exerted slower recovery of pH and mobile aluminium content, significantly increased the amounts of plant-available phosphorus and potassium, compared to the unlimed soil. The sequestration of organic carbon was influenced by liming. Soil liming exerted a significant decrease in organic carbon accumulation. The quantity of dissolved organic carbon was closely related to soil – and management – associated factors which induced a decrease in dissolved organic carbon content in the topsoil. The lowest amount of DOC (0.189 g kg<sup>-1</sup>) was determined in the unlimed soil. Considering given environmental conditions, such data can be used for deducing scenarios of future soil processes in an efficient way, for dissolved organic carbon being a small but highly sensitive fraction of organic matter in soil. Thus may provide a mechanism as well as prediction opportunities for soil conservation, sustainability, and protection against degradation.

### Resumen

La calidad del suelo se ha convertido en un tema importante en la ciencia del suelo. Se cree que el carbono orgánico disuelto (*dissolved organic carbon*, DOC) juega un papel importante en los procesos del suelo. Es mucho más sensible al manejo del suelo que la materia orgánica del suelo en su conjunto, y puede usarse como un indicador clave de las funciones naturales del suelo. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la diferente influencia de encalado de intensidad en la acumulación de DOC. El estudio se llevó a cabo en el suelo franco-moraino en la sede Veizaiciai del Centro de Investigación Lituano para la Agricultura y la Silvicultura en 2011-2013. Durante este estudio, se incorporaron al suelo diferentes cantidades (18,4 y 104,9 t ha<sup>-1</sup>) de materiales de cal que afectaron la formación de

dos niveles de pHKCl en el suelo: ácido (5,6) y casi neutro (6,7). El DOC se analizó usando el cromatógrafo de iones SKALAR. Las propiedades químicas de Dystric Glossic Retisol dependían de la cantidad de cal incorporada. El encalado del suelo a las tasas más altas (tasa 0,5 cada 7 años y 2,0 cada 3-4 años) ejerció una recuperación más lenta del pH y el contenido móvil de aluminio aumentó significativamente las cantidades de fósforo y potasio disponibles en la planta, en comparación con el suelo sin cal. El secuestro de carbono orgánico fue influenciado por el encalado. El encalado del suelo ejerció una disminución significativa en la acumulación de carbono orgánico. La cantidad de carbono orgánico disuelto estuvo estrechamente relacionada con factores asociados con el suelo y el manejo que indujeron una disminución en el contenido de carbono orgánico disuelto en la capa superior del suelo. La cantidad más baja de DOC ( $0,189 \text{ g kg}^{-1}$ ) se determinó en el suelo sin cal. Teniendo en cuenta las condiciones ambientales dadas, estos datos pueden usarse para deducir escenarios de futuros procesos del suelo de una manera eficiente, ya que el carbono orgánico disuelto es una fracción pequeña, pero altamente sensible, de la materia orgánica en el suelo. Por lo tanto, puede proporcionar un mecanismo, así como oportunidades de predicción, para la conservación del suelo, la sostenibilidad y la protección contra la degradación.

## Introduction

Soil organic carbon (SOC) is an important source of plant nutrients, which stabilizes soil structure and plays a central role in soil surface-atmosphere exchange of greenhouse gases (Grandy and Robertson, 2006, Liaudanskiene et al. 2013). Because soil organic matter can be associated with different soil chemical, physical and biological processes, it has been widely considered as one of the best soil quality indicators. Land management can significantly influence dynamics of organic carbon and nitrogen, phosphorus cycle. However, changes in total soil organic carbon contents in response to land management may be difficult to detect because of the natural soil variability. In the short to medium term, biological properties and readily decomposable fractions of SOC, such as dissolved organic carbon (DOC) and can be used as a key indicator of soil natural functions (Silveira 2005).

DOC represents one of the most mobile and reactive organic matter fractions in ecosystem. DOC as a heterogeneous mixture of organic molecules with different sizes, structures and functional properties is often defined operationally as “the part of organic matter that is able to pass through a filter with a pore size of  $0.45 \mu\text{m}$ ”. DOC consists of low molecular weight substances, such as organic acids and amino acids, as well as complex molecules of high molecular weight, such as humic substances and enzymes (Zsolnay 2003, Bi et al. 2013). As a relatively mobile fraction of the soil organic carbon, DOC plays an important role in the transport of nutrients, such as nitrogen, phosphorus and pollutants (Kaiser 2003). In particular, DOC strongly complexes heavy metals, influencing metal exchange processes between the soil and soil solution and facilitating metal leaching through the soil profile and further transport towards streams and ground water (Worrall et al. 2009). Though dwarfed in size by total SOC, it plays an important intermediary role between physically stable and labile C pools through its fast turnover rate, high mobility and broad reactivity in the soil (Boddy et al. 2007) and could be a potential source of the stabilized carbon occurring in soils (Schmidt et al. 2011).

Soil liming is one of the most common ways to improve the carbon sequestration in the soil. Overall, liming can have both positive and negative effects on SOC. Regarding the potential effect of liming on mineralization, increased respiration in limed soils with respect to non-limed ones has been observed by several authors in the soils (Mijangos et al. 2010, Fornara et al. 2011). This increased mineralization is in some cases associated with DOC losses. Chan and Heenan (1999) observed that the SOC lost after liming was mainly up to 84% of total loss.

Whether the increased mineralization rates will produce an increment or a reduction of SOC stocks in the mineral soils is disputable, since the increased microbial activity would also increase litter decomposition and incorporation to soil, thereby potentially increasing SOC stocks. Fornara et al. (2011) hypothesized that the greater biological activity in limed soils, despite increasing soil respiration rates, favoured the processing of plant C inputs and its incorporation into resistant soil organo-mineral pools; this effect would be linked to a Ca-induced increase of aggregate stability.

In the past decades raised the need for comprehensive studies on the soil properties and environmental factors controlling DOC quantity and quality. However, there are limited information available about the effects of different intensity liming on the changes of DOC and data on the dynamics of DOC in soils are often contradictory, especially in arable soils. The aim of this research is to assess the different liming influence to DOC accumulation in acid soil.

## Material and Methods

The field experiments were carried out at the Veizaiciai Branch of Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry (geographical coordinates 55°43' N, 21°27' E) during the 2011–2013 period. The soil of the experimental site is *Bathyglyeyic Dystric Glossic Retisol* with a texture of moraine loam (clay content 13–15%).

Seeking to assess the influence of long – term liming on soil quality parameters, studies were carried out in the long – term field experiment, established in 1949. Primary liming was done in 1949 by different slaked lime rates: 0.5 and 2.0 based on the soil hydrolytic acidity. The influence of different liming rates was observed until 1964. In 1964, the experiment was divided into two strips. In the first strip we observed the effect of primary liming. In the second strip the soil was repeatedly limed at 0.5 liming rate based on the soil hydrolytic acidity (3.3 t ha<sup>-1</sup>) in 1965. Periodical liming was started in 1985 and was done on the background of primary and repeated liming. Periodic liming at the 0.5 rate (3.3 t ha<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>) was done every 7 years, liming at 2.0 rate (15.0 t ha<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>) – every 3–4 years. The soil was periodically limed until 2005. In 2005–2013, the soil was not limed and we observed how soil properties changed. Application of the long-term liming system, primary (1949), repeated (1965) and periodical liming (1985–2005) during the period of 1949–2005, formed different soil pH levels (Table 1).

Table 1. Scheme of the different intensity liming

| Liming intensity                                     | Total amount of CaCO <sub>3</sub> applied, t ha <sup>-1</sup> |                       |                              | Total amount of CaCO <sub>3</sub> applied, t ha <sup>-1</sup> , 1949–2005 | pH <sub>KCl</sub> |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------|
|                                                      | Primary liming, 1949                                          | Repeated liming, 1965 | Periodical liming, 1985–2005 |                                                                           |                   |
| Unlimed                                              | 0                                                             | 0                     | 0                            | –                                                                         | 4.2               |
| Liming using ×0.5 of the liming rate every 7 years   | 3.3                                                           | 3.4                   | 11.4                         | 18.1                                                                      | 5.6               |
| Liming using ×2.0 of the liming rate every 3–4 years | 13.2                                                          | 1.7                   | 90.0                         | 104.9                                                                     | 6.7               |

**Methods of analyses.** Soil samples were taken using a steel auger from three replicates of the topsoil (0 – 20 cm) after harvesting. All samples were air-dried, visible roots and plant residues were manually removed. Then the samples were crushed, sieved through a 2-mm sieve and homogeneously mixed. For the analyses of SOC content the soil samples were passed through a 0.25-mm sieve.

Chemical analyses were carried out at the Chemical Research Laboratory of Institute of Agriculture, Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry. Soil pH was determined in 1M KCl according to the standard ISO 10390:2005 (soil – solution ratio 1:2.5) using a pH meter IONLAB, mobile aluminium by Sokolov method. Soil total nitrogen (N<sub>total</sub>) was determined by the Kjeldahl method, and plant - available phosphorus (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and potassium (K<sub>2</sub>O) were determined by Egner – Riehm – Domingo method. The total content of potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) was determined using an atomic absorptiometer AAnalyst 200 (Perkin Elmer, JAV) after the mineralization with sulphuric acid. Soil organic carbon (SOC) content was determined by photometric procedure at the wavelength of 590 nm using the UV – VIS spectrophotometer Cary 50 (Varian) equipped with a computer program, and glucose as a standard after wet combustion according to Nikitin (1999).



Figure 1. Determination of soil organic carbon content using the UV – VIS spectrophotometer

Dissolved organic carbon (DOC) was analyzed using an ion chromatograph SKALAR in water extract at soil–water ratio 1:5.



Figure 2. Ion chromatography system SKALAR (Skalar Analytical B.V., Netherlands)

**Statistical analysis.** Statistical analysis was done using the computer program ANOVA from the package Selekcija. One – way analysis of variance was then used to estimate the differences in the tested parameters among the treatments. The least significant difference method (LSD) at the 5% and 1% probability levels was used to test the significance of differences between treatment means. The correlation and regression analysis between the data sets was done (Tarakanovas and Raudonius 2003).

## Results and discussion

Chemical properties of *Dystric Glossic Retisol* depended on the amount of incorporated lime. Sixty four years after the establishment of the experiment (1949), the soil acidity in the unlimed control treatment was still on the increase (Table 2). The pH in the long-term periodically limed soil was significantly higher (5.3–6.4) compared to the unlimed soil. The highest amount of mobile aluminium (99.86 mg kg<sup>-1</sup>) was determined in the unlimed soil. The higher the lime rate was applied, the slower was the process of mobile aluminium return to its previous level and its higher contents were immobilised and bound with other compounds. With decreasing soil acidity from 4.1 to 6.4, the content of mobile aluminium also decreased.

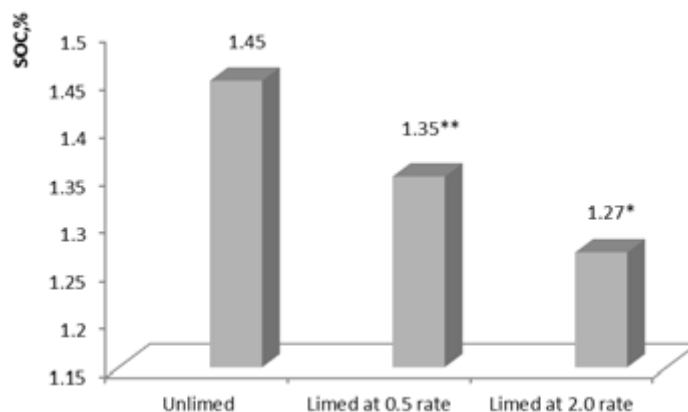
Table 2. Soil liming effect on *Retisol* chemical properties (0–20 cm depth), 2011–2013 average data

| Treatments                        | pHKCl  | Al <sup>3+</sup>    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Al <sup>3+</sup>    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|-----------------------------------|--------|---------------------|-------------------------------|------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|
|                                   |        | mg kg <sup>-1</sup> |                               |                  | mg kg <sup>-1</sup> |                               |                  |
| Unlimed                           | 4.10   | 99.86               | 160.1                         | 108.20           | 0.110               | 0.001                         | 0.200            |
| Limed at 0.5 rate every 7 years   | 5.36** | 23.75**             | 138.5*                        | 89.52*           | 0.112               | 0.002                         | 0.281*           |
| Limed at 2.0 rate every 3–4 years | 6.43** | 0.18**              | 117.9*                        | 82.05*           | 0.111               | 0.006**                       | 0.295**          |

\* and \*\* – significantly different from control ( $P < 0.005$ ) and ( $P < 0.001$ )

Assessment of soil liming according to the changes of plant nutrients revealed that the intensive soil liming significantly decreased the content of plant – available phosphorus and potassium, but increased the amount of macroelements (Ca and Mg) in the soil.

One of the most important elements of soil fertility is SOC content. The destruction and synthesis of SOC takes place in the soil continuously, forming an integral immobilization-mineralization cycle. The influence of liming on the organic carbon content of the soil is not uniform. Various data could be found in the literature. According to Abril (2008), intensive soil liming has a higher organic carbon content than unlimed. Other researchers hold the opposite view (Liang et al. 2011) that liming soil reduces organic carbon. It was revealed a negative statistically significant effect of periodical liming (at 0.5 and 2.0 liming rates) on SOC content in the soil (Figure 3). The content of SOC was 1.45% in the unlimed treatment, while in periodically limed at 2.0 liming rate every 3–4 years it was approximately by 0.18 percentage points lower. Such reduction in organic carbon content may result increased mineralization, increased respiration and increased leaching to deeper soil layers. Studies have shown that with  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  higher than 6.5, carbon mineralization processes are activated in the soil, therefore more intensive liming, where  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  ranges from 6.8 to 7.2, may reduce the organic carbon content in the soil (Baltrūnas and et al. 2010).



\* and \*\* – significantly different from control ( $P < 0.005$ ) and ( $P < 0.001$ )

Figure 3. Effect of soil liming on the amount of organic carbon in the topsoil, 2011–2013 average data

The highest C:N ratio (13.1) was established in the periodically limed soil using 0.5 liming rate every 7 years. Significantly lower C:N ratio (11.6) was determined in the soil, where  $15.0 \text{ CaCO}_3$  (2.0 liming rate) was incorporated every 3–4 years (Table 3). The obtained results agree with the regularities identified by other researchers, showing that periodical liming increases soil microbiological activity and nitrogen release and accelerates decomposition of organic compounds.

Table 3. Soil liming and fertilization effect on C:N and C:P ratio, 2011–2013 average data

| Treatments                        | C:N   | C:P  |
|-----------------------------------|-------|------|
| Unlimed                           | 12.6  | 21.8 |
| Limed at 0.5 rate every 7 years   | 13.1  | 22.1 |
| Limed at 2.0 rate every 3–4 years | 11.6* | 21.2 |

\* – significantly different from control ( $P < 0.005$ ); FYM – farmyard manure

Compared to the C: N ratio, C:P ratio was significantly higher in both experiments (Table 3). In the first experiment, the highest C: P ratio (22.1) was established in the soil, limed at 0.5 rate every 7 years, but the differences were insignificant.

The content of dissolved organic carbon (DOC) was closely related to soil-and

management-associated factors (Figure 4). It was revealed that liming significantly decreased the DOC concentration in the soil. The lowest concentration of DOC ( $0.156 \text{ g kg}^{-1}$ ) was established in the most intensively limed (2.0 liming rate every 3–4 years) treatment.

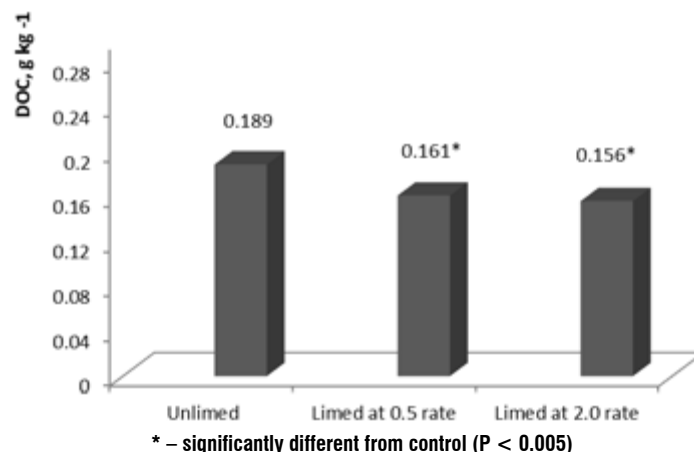


Figure 4. Effect of soil liming and fertilization on dissolved organic carbon,  $\text{g kg}^{-1}$ , 2011–2013 average data

The most unfavorable status of DOC ( $0.189 \text{ g kg}^{-1}$ ) was determined in the unlimed soil. The same results - an increase in the DOC content - has been recorded in the literature following the liming of arable soils. Various mechanisms have been suggested to explain this phenomenon, such as increased organic matter solubility, increased microbial activity, an increase in the production of soluble molecules due to the decrease in biologically toxic Al at higher pH, and the displacement of the previously adsorbed DOC by other mobilised anions (Filep and Rekasi 2011).

The pH is an important chemical factor for the solubility and production of DOC and the relationship between pH and DOC is generally thought to be a complex one, partly because of the influence on charge density of the humic compounds, partly because of a positive (pH increase) or negative (pH decrease) stimulation of the microbial activity.

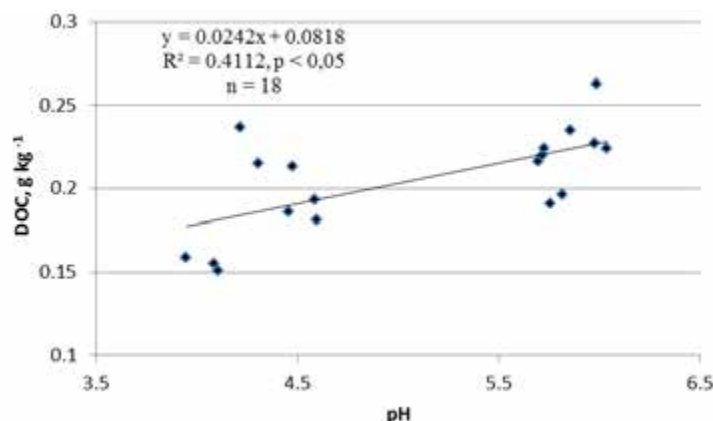


Figure 5. Relationship between DOC amount ( $\text{g kg}^{-1}$ ) and soil pH. The equation of the fitted line is  $y = 0.0242x + 0.0818$  ( $R^2 = 0.4112$ ,  $p < 0.05$ ).

In our study we find a significant positive relationship between pH and DOC. The relationship between soil DOC and pH is visualized in Figure 5. Analogous consistent patterns on relationships between soil pH and DOC concentrations have been found in others studies

(Solinger et al. 2001, Kemmitt et al. 2006, Löfgren and Zetterberg 2011). This relationship could be attributed to differences in decomposition rates (higher at elevated pH), differences in DOC sorption to the soil complexes and complex formation with aluminum, and differences in DOC quality (phenol content lower at high pH and therefore better decomposable DOC) which is higher in different soil types.

There is also a possibility that not only the amount of SOC, but also the N status influences DOC amount in soil, for either biological or physicochemical reasons. Furthermore, N limited sites may respond differently to sites where N availability is already high. Possible effects as a result of altered enzyme activities include however both changes in production of DOC and changes in mineralization of DOC (Zak et al. 2011). In the present study, the DOC content in soil had a tendency to decrease by increasing soil N. It is possible that increase of total N content favour the microbial degradation of DOC (Filep and Rékási 2011).

## Conclusions

1. The chemical properties of *Dystric Glossic Retisol* depended on the amount of incorporated lime. Soil liming at the highest rates (0.5 rate every 7 years and 2.0 every 3–4 years) exerted slower recovery of pH and mobile aluminium content, significantly increased the amounts of plant-available phosphorus and potassium, compared to the unlimed soil.
2. Quantity of dissolved organic carbon was tightly related to soil – and management – associated factors which induces an decrease in dissolved organic carbon content in the topsoil. This immediate decrease is generally attributed to the presence of soluble materials in the amendments, leading to alterations in the formation of complexes between organic ligands and metals, and the SOM sequestration.

## References

- Abril A, Roca L. 2008. Impact of nitrogen fertilization on soil and aquifers in the Humid Pampa, Argentina. *The Open Agriculture Journal*, 2: 22–27.
- Bi R, Lu Q, Yuan T, Zhou S, Yuan Y, Cai Y. 2013. Electrochemical and spectroscopic characteristics of dissolved organic matter in a forest soil profile. *Journal of environmental sciences*, 25 (10): 2093 – 2101.
- Boddy E, Hill WP, Farrar J, Jones DL. 2007. Fast turnover of low molecular weight components of the dissolved organic carbon pool of temperate grass-land field soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 39: 827-835.
- Chan KY, Heenan DP. 1999. Lime-induced loss of soil organic carbon and effect on aggregate stability. *Soil Science Society of America Journal*, 63: 1841–1844.
- Filep T, Rékási M. 2011. Factors controlling dissolved organic carbon (DOC), dissolved organic nitrogen (DON) and DOC/DON ratio in arable soils based on a dataset from Hungary. *Geoderma*, 162: 312 – 318.
- Fornara DA, Steinbeiss S, Mcnamara NP, Gleixner G, Oakley S, Poulton PR, MacDonald AJ, Bardgett RD. 2011. Increases in soil organic carbon sequestration can reduce the global warming potential of long-term liming to permanent grassland. *Global Change Biology*, 17: 1925–1934.
- Grandy AS, Robertson GP. 2006. Aggregation and organic matter protection following tillage of a previously uncultivated soil. *Soil Science Society of America journal*, 70: 1398–1406.

- Kaiser K. 2003. Dissolved organic phosphorus and sulphur as influenced by sorptive interactions with mineral sub-soil horizons. *European Journal of Soil Science*, 52: 489–93.
- Kemmitt SJ, Wright D, Goulding KWT, Jones DL. 2006. pH regulation of carbon and nitrogen dynamics in two agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 898–911.
- Liang Q, Chen H, Gong Y, Fan M, Yang H, Lal R, Kuzyakov Y. 2012. Effects of 15 years of manure and inorganic fertilizers on soil organic carbon fractions in a wheat-maize system in the North China Plain. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 92: 21–33.
- Liaudanskienė I, Slepetienė A, Slepetys J, Stukonis V. 2013. Evaluation of soil organic carbon stability in grasslands of protected areas and arable lands applying chemo-destructive fractionation. *Zemdirbystė-Agriculture*, 100(4): 339–348.
- Löfgren S, Zetterberg T. 2011. Decreased DOC concentrations in soil water in forested areas in southern Sweden during 1987–2008. *Science of Total Environment*, 409: 1916–26.
- Mijangos I, Albizu I, Epelde L, Amezaga I, Mendarte S, Garbisu C. 2010. Effects of liming on soil properties and plant performance of temperate mountainous grasslands. *Journal of Environmental Management*, 91: 2066–2074.
- Schmidt MWI, Torn MS, Abiven S, Dittmar T, Guggenberger G, Janssens IA, Kleber M, Kögel-Knabner I, Lehmann J, Manning DAC, Nannipieri P, Rasse DP, Weiner S, Trumbore SE. 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478: 49–56.
- Silveira M. 2005. Dissolved organic carbon and bioavailability of N and P as indicators of soil quality. *Scientia Agricola*, 62(5): 502–508.
- Solinger S, Kalbitz K, Matzner E. 2001. Controls on the dynamics of dissolved organic carbon and nitrogen in a Central European deciduous forest. *Biogeochemistry*, 55: 327–49.
- Tarakanovas P, Raudonius S. 2003. The statistical analysis of agronomic research data using the software programs Anova, Stat, Split-Plot from package Selekcija and Irristat. *Akademija Kėdainių*.
- Worrall F, Burt TP, Rowson JG, Warburton J, Adamson JK. 2009. The multi-annual carbon budget of a peat-covered catchment. *Science Total Environment*, 407: 4084–94.
- Zak DR, Pregitzer KS, Burton AJ, Edwards IP, Kellner H. 2011. Microbial responses to a changing environment: implications for the future functioning of terrestrial ecosystems. *Fungal Ecology*, 4: 386–395.
- Zsolnay A. 2003. Dissolved organic matter (DOM): artefacts, definitions, and functions. *Geoderma*, 113: 187–209.

## UNA CASA QUE ES UN MUSEO. RECORRIDO POR LA BREVE HISTORIA DEL PRIMER CENTRO DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA DE SEVILLA

Iván Luis ALONSO PELÁEZ \*

Museo Casa de la Ciencia, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) Sevilla, España

\* [ivan.alonso@orgc.csic.es](mailto:ivan.alonso@orgc.csic.es)

*Recibido: 13-10-2019*

*Aceptado: 23-10-2019*

*Publicado on-line: 31-12-2019*

### Resumen

El artículo recorre la breve historia del Museo Casa de la Ciencia, centro de divulgación científica localizado en la ciudad de Sevilla y perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). El centro abre sus puertas en el año 2009 y en un principio basa su oferta en exposiciones temporales sobre naturaleza, sobre todo utilizando el formato de la fotografía y el vídeo. A partir del año 2013 se produce un cambio en su diseño museográfico y museológico, y acerca su propuesta al estilo de los habituales museos de ciencia, con exposiciones permanentes que abordan grandes temas de la investigación, pero con un enfoque local, como por ejemplo, los cetáceos que habitan los mares de Andalucía o la historia geológica de Sevilla.

### Abstract

The article addresses the brief history of the “Museo Casa de la Ciencia”, a centre dedicated to popular science, located in the city of Seville (Spain) and belonging to the Spanish National Research Council (CSIC). The centre opens its doors in 2009 and initially bases its offer on temporary exhibitions about nature, especially using the format of photography and video. In 2013 the centre changes in its museographic and museological design, and approaches its proposal to the style of the usual science museums, with permanent exhibitions that address major research topics, but with a local approach, such as cetaceans that inhabit the seas of Andalusia or the geological history of Seville.

### Inicios: entre la casualidad y el anhelo

Aunque pueda causar asombro, una ciudad como Sevilla, con una población cercana a los 700000 habitantes, y que es la capital de una de las comunidades autónomas más grandes de España, no contaba hasta el año 2009 con un centro exclusivamente dedicado a la divulgación y la cultura científica. Existían otras instituciones que abordaban áreas específicas del conocimiento científico, como es el caso del Museo Arqueológico, el Museo de Artes y Costumbres Populares (Etnología), o el Pabellón de la Navegación; pero no albergaba esta capital un centro con una perspectiva global e integradora de la cultura científica. Quedaba en la memoria de muchos sevillanos un referente efímero que había marcado cierto precedente: el Pabellón del Futuro de la célebre Exposición Universal de Sevilla de 1992, donde se habían exhibido algunos de los adelantos tecnológicos más vanguardistas para la época, pero que tras el evento no había tenido continuidad.

Ese era el vacío que desde hacía muchos años venían advirtiendo docentes, diferentes especialistas y, sobre todo, un grupo de investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Fruto de esa carencia surge la necesidad de crear una Casa de la Ciencia, es decir, un espacio en Sevilla dedicado en exclusiva a la interpretación del conocimiento científico y, sobre todo, un lugar en el cual se pudiera demostrar a la ciudadanía que la investigación no es un asunto restringido a los laboratorios y ajeno a la vida cotidiana, sino que el dinero público invertido en programas de investigación científica tiene un correlato y una relación directa con el progreso de la calidad de vida ciudadana: la seguridad y mejora de los alimentos que consumimos; el hallazgo de nuevos tratamientos para enfermedades; el diseño de materiales, equipos y procedimientos más eficientes y respetuosos con el medio ambiente; el avance vertiginoso de las tecnologías de la información y comunicación; entre muchos otros aportes que nacen en los institutos de investigación y terminan en nuestros hogares.

La oportunidad se materializó por una afortunada casualidad. El Pabellón de Perú (Figura 1) de la Exposición Iberoamericana de 1929, obra del arquitecto cordobés afincado en Lima, Manuel Piqueras Cotoí (1885-1937), y considerado una de las construcciones más emblemáticas del evento, cuya propiedad es del Ayuntamiento de Sevilla, había sido cedido en los años 80 al CSIC para que funcionara allí la Estación Biológica de Doñana (EBD). Este centro de investigación, con una trayectoria de sobra conocida, empezó con el transcurso de los años a necesitar más espacio para sus instalaciones y personal, hasta que a finales del año 2008 completó su mudanza a un inmueble más amplio y moderno, diseñado y construido expresamente para tal fin.



Figura 1. Pabellón de Perú de la Exposición Iberoamericana de 1929, obra de Manuel Piqueras Cotoí

Fue así como el anhelo de contar con un espacio para la divulgación conectó con una realidad: el Pabellón de Perú se quedaba libre y poseía muchas características para convertirse en un adecuado centro expositivo: su ubicación en una zona céntrica de la ciudad, bien conectada y cercana a otros centros culturales; su belleza arquitectónica, que configuraba de por sí un atractivo para la visita del público; su valor histórico, al pertenecer a uno de los conjuntos monumentales

más representativos de Sevilla, la herencia patrimonial de 1929; y, finalmente, sus posibilidades museográficas y museológicas. No se debe olvidar que originalmente el Pabellón de Perú había sido diseñado para contener exposiciones, todas las relativas a la cultura y economía peruana que se exhibieron durante la Exposición Iberoamericana. Por lo tanto, contaba con grandes salas diáfanos, que a pesar de que habían sufrido algunas transformaciones puntuales durante sus años como centro de investigación, podían revertirse. Nace así, en torno al mes de enero de 2009, La Casa de la Ciencia de Sevilla, de la mano de un pequeño equipo humano de divulgación de la EBD, con el impulso del investigador Fernando Hiraldo, que en aquel tiempo ocupaba la dirección de la EBD y la coordinación del CSIC en Andalucía. Desde sus inicios esta Casa de divulgación gozó del entusiasmo del Área de Cultura Científica de la organización central del propio CSIC y sus autoridades, que veían así una oportunidad privilegiada para difundir la ciencia en el sur de la Península.

### **Un cambio de paradigma: el camino al Museo de Ciencias**

Los primeros años de La Casa de la Ciencia pueden definirse como de ensayo y error; quizás por aquello de hacer homenaje al método científico. Se comenzó con un modelo basado en exposiciones temporales, de poco presupuesto -recordemos que fueron años de profunda crisis económica- y en un formato de entrada completamente gratuita al público. Predominaron en los inicios muchas exposiciones con énfasis en los recursos audiovisuales: fotografías sobre naturaleza, cuadros y vídeos. Quizás una autocrítica que puede hacerse de aquellos primeros tiempos fue que los contenidos se centraron excesivamente en las ciencias naturales.



Figura 2. Esqueletos reales y reproducciones en resina de especies de Cetáceos de Andalucía

A partir de febrero de 2013, con la gestión de Miguel Ferrer al frente de la Delegación del CSIC en Andalucía, se produce un cambio museológico y museográfico; y la Casa de la Ciencia de Sevilla se convierte en el “Museo Casa de la Ciencia de Sevilla”, con una estructura y concepto un poco más parecido al que ostenta en la actualidad. La adopción del término “Museo” no fue caprichosa, sino que quiso significar una nueva orientación y filosofía, en la que los contenidos se acercaran a la tónica de los grandes temas que suelen abordar los museos de ciencia en el mundo; y, sobre todo, con la mirada puesta en los intereses de unos de los principales públicos de los centros de divulgación científica: los grupos escolares.



Figura 3. Planetario del Museo Casa de la Ciencia, con proyecciones infantiles y para público general

De esa forma, se comenzó a construir el Museo que tenemos hoy. El punto de partida fue ofrecer en los contenidos algunos de los grandes temas de la Ciencia que interesan a la ciudadanía, pero desde la mirada local, haciendo un guiño a la famosa frase atribuida a Patrick Geddes: “piensa global y actúa local”. Al igual que otros museos de ciencia de España y del mundo, estructuramos la oferta en base a exposiciones permanentes y temporales. Entre las permanentes, se abordó todo un clásico de los centros de divulgación científica: las grandes especies que pueblan nuestros mares y el largo recorrido de transformaciones geológicas que ha sufrido la Tierra. Tanto en una muestra como en la otra, no se obvió la mirada a lo local: por una parte, los cetáceos de los mares que bañan esta comunidad autónoma, con la Exposición “La Mar de Cetáceos en Andalucía” (Figura 2); y por otra parte la historia geológica de la capital hispalense, con la exposición “GeoSevilla: explora 540 millones de años” (Figura 4). También en ese momento se apostó por otra exposición de carácter permanente que por motivos técnicos se tuvo que modificar y reducir al cabo de unos años: “Invertebrados de Andalucía”, con material provisionalmente cedido por el Museo Nacional de Ciencia Naturales.



Figura 4. Exposición permanente “GeoSevilla”. Contiene unas doscientas piezas entre minerales, fósiles y rocas

También, fruto del cambio de paradigma iniciado en 2013, se instaló un Planetario (Figura 3), con una capacidad para 25 personas, y especialmente adecuado para el público escolar. Gracias a un trabajo continuado de captación y compra de nuevas producciones, tiene en la actualidad una variada oferta de proyecciones para acercar el fantástico mundo de los cuerpos celestes a todas las edades, comenzando por niñas y niños de apenas tres años.

### Cada septiembre... un nuevo reto

Con el inicio de cada nuevo curso escolar inauguramos exposiciones temporales con temas de primera actualidad científica, adaptados a todos los niveles educativos. De esa forma, desde el 2013 hemos enfrentado unas siete inauguraciones. Así se han sucedido exposiciones como “Una autopista detrás del enchufe”; “Moléculas de la vida”; “Eureka”, “Memoria”, “Inaudito”, “El lado oscuro de la luz” (Figura 5) y “Veneno” (Figura 6). Recientemente hemos celebrado la octava inauguración, apostado por un tema que causa gran interés, pero que también representa un reto, porque nos aproxima por primera vez, dentro de la corta historia de nuestro Museo, a disciplinas transversales por definición, que están a caballo entre las ciencias básicas, las humanidades y las ciencias sociales; nos referimos al mundo de la Historia del Arte, la Arqueología, la Egiptología e incluso la Filología. Esta octava aventura no es otra que “Descifrando el Antiguo Egipto: Tutankhamon” (Figuras 7 y 8).



Figura 5. Exposición “El lado oscuro de la luz”, temporada 2017-2018



Figura 6. Exposición “Veneno”, temporada 2018-2019

A través de ocho ámbitos temáticos se abordan diferentes aspectos del Antiguo Egipto, una civilización legendaria que ha marcado la historia de la Humanidad. Con paneles explicativos, piezas originales, réplicas e interactivos se explican sus aportes científicos y avances culturales en temas como Arquitectura funeraria; Escritura Jeroglífica; Agricultura y Astronomía; Momificación o Medicina. Pero unos de los puntos protagónicos de la muestra son los espacios dedicados al descubrimiento de la tumba de Tutankhamon por parte Howard Carter en noviembre de 1922. Concluye la exposición con una reflexión sobre el significado de la muerte y el “Juicio Final” para los antiguos egipcios.



Figura 7. Exposición “Descifrando el Antiguo Egipto: Tutankhamon”, actual temporada 2019-2020

La muestra comienza ubicando el Nilo, el segundo río más largo del mundo, como eje vertebrador de esta Civilización, y ofrece una completa cronología para comprender su desarrollo. Las costumbres funerarias representan uno de los aspectos más llamativos del Antiguo Egipto. A lo largo de la exposición se descubre cómo las tumbas fueron cambiando desde los pozos poco profundos cavados en la arena del desierto en la Época Predinástica, hasta las universalmente conocidas Pirámides de Giza (Keops, Kefren y Micerinos) en la IV Dinastía, consideradas uno de los grandes misterios de la Humanidad por su metodología constructiva. También se muestra el aporte a la Ciencia de los antiguos egipcios, que eran grandes observadores del firmamento, y gracias a ello pudieron entender fenómenos astronómicos como los ciclos solares y lunares. En una exposición sobre el Antiguo Egipto no puede faltar un espacio dedicado a la momificación, otra de sus señas características. La preservación del cuerpo resultaba imprescindible para la supervivencia en el más allá, que no era más que el inicio de la anhelada vida eterna, por la cual se trabajaba durante toda la vida.



Figura 8. Detalle de la actual exposición temporal "Descifrando el Antiguo Egipto: Tutankhamon"

### **Puesta en valor del talento local**

---

Uno de los aspectos a resaltar dentro del funcionamiento del Museo en los últimos años ha sido la colaboración con varias empresas educativas locales, que han realizado talleres y otras actividades tanto para el público escolar que nos visita de lunes a viernes, como para las familias que disfrutan su ocio durante los fines de semana.

Con esta variedad de ofertas y especialistas, los grupos escolares que nos visitan pueden seleccionar exactamente aquellas actividades extraescolares que encajan con los temas que se encuentran en ese momento desarrollando en el aula. Es una situación común que una misma mañana nos visiten cuatro o cinco clases distintas, y cada una de ellas realice un taller diferente. De la Biología a la Física, pasando por la Geología, la Música, la Astronomía y también la Historia, entre muchas otras opciones.

### **Retos para el futuro: potenciar la imagen CSIC**

---

Uno de los aspectos que nos hemos propuesto mejorar y que asumimos como nuestro principal reto en un futuro próximo, con el impulso de la actual dirección de la investigadora Margarita Paneque, Delegada Institucional del CSIC en Andalucía y Extremadura, es afianzar la imagen del CSIC dentro del Museo. En otras palabras, que los visitantes y la ciudadanía en general puedan conocer, a través de los contenidos del Museo, todo el trabajo de investigación que se desarrolla en los centros del CSIC en Andalucía y Extremadura, de una forma amena y divulgativa, pero sin perder de vista el rigor científico.



Figura 9. Presencia del CSIC en los contenidos del Museo Casa de la Ciencia

Con esta finalidad, en esta nueva temporada también se ha inaugurado el espacio “Somos CSIC” (Figura 9), donde a través de diferentes dispositivos museográficos el Museo dará cabida, de forma rotatoria y temporal, a los proyectos e investigaciones que se realizan en los diferentes centros del CSIC en Andalucía y Extremadura. En esta ocasión, el espacio se ha inaugurado con contenidos ofrecidos por dos institutos situados en Sevilla, el Instituto de Microelectrónica de Sevilla (IMSE-CNM, mixto con la Universidad de Sevilla), y el Centro Nacional de Aceleradores (CNA, mixto con la Universidad de Sevilla y la Junta de Andalucía); y otros dos ubicados en Granada, el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA) y el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT, mixto con la Universidad de Granada).

Se trata sólo de un modesto comienzo que nace con la pretensión de crecer e incluso ocupar una sala permanente del Pabellón. Son todos pasos dirigidos en una clara dirección: seguir ocupando el espacio como centro pionero de divulgación científica en la capital andaluza, y fortalecer la imagen de sitio de referencia para las actividades extraescolares. Como miembros del CSIC, el principal organismo de investigación del país y uno de los más importantes de Europa y el mundo, estamos al mismo tiempo obligados y comprometidos a regresar a la ciudadanía parte del esfuerzo conjunto que representan los fondos públicos dedicados a la investigación.

## A VIEW ON TEACHING/LEARNING SCIENCE IN THE BIG DATA ERA: NGS-NGS-NGS -THE NEXT GENERATION SEQUENCING-IN THE NEXT GENERATION SCIENCE-FOR THE NEXT GENERATION SOCIETY-

Martha Helena RAMÍREZ-BAHENA<sup>1</sup>; Álvaro PEIX<sup>2</sup>; Eulogio BEDMAR<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento Didáctica de la Matemática y Didáctica de las Ciencias Experimentales, University of Salamanca. Salamanca, Spain

<sup>2</sup>Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca, Spanish National Research Council (CSIC). Salamanca, Spain

<sup>3</sup>Estación Experimental del Zaidín, Spanish Council for Scientific Research (CSIC). Granada, Spain

\*mh.ramirezba@usal.es

Received: 18-november, 2019

Accepted: 01-december, 2019

Published on-line: 31-december, 2019

### Abstract

Teaching science in the 21st century, from a preschool stage, through compulsory education to advanced and specialized studies, must be a carefully planned task. Science Education is one of the major concerns of developed countries, the success of a nation depends on knowing how to take advantage of its own human capital, of harnessing the creativity, dynamism and vision of new generations, it all depends on how to educate students, especially in science, technology, engineering and mathematics (STEM). The new technologies implemented in the last decade in the different branches of science, such as new generation sequencing technologies or NGS, have revolutionized the advancement of knowledge, and with new information technologies this knowledge has been made available to all just one click away. So, if knowledge is available to everyone, what role do educators have in a science class? In this article we reflect on the teaching and learning of science in the big data era, the impact that the implementation of new sequencing technologies in science have had, and how science education is changing, including modern initiatives seeking to change the teaching schemes of science such as the Next Generation Science Standards (NGSS). Learning science is not the accumulation of knowledge by our students, it is learning to understand the world around them and develop critical thinking, a fundamental tool in the skills of future citizens of the 21st century.

### Resumen

La enseñanza de las ciencias experimentales en el siglo XXI, desde la etapa preescolar, pasando por la educación obligatoria hasta los estudios avanzados y especializados, debe ser una tarea cuidadosamente planificada. La educación en ciencias es una de las principales preocupaciones de los países desarrollados, el éxito de una nación depende de saber cómo aprovechar su propio capital humano, de aprovechar la creatividad, el dinamismo y la visión de las nuevas generaciones, todo depende de cómo educar a los estudiantes, especialmente en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). Las nuevas tecnologías implementadas en la última década en las diferentes ramas de la ciencia, como por ejemplo las tecnologías de secuenciación masiva (NGS), han revolucionado el avance del conocimiento, y con las nuevas tecnologías de la información este conocimiento se ha puesto a disposición de toda la sociedad a un solo clic de distancia. Entonces, si el conocimiento está disponible para todos, ¿qué papel tienen los educadores en una clase de ciencias? En este artículo

reflexionamos sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia en la era del ‘big data’, el impacto que ha tenido la implementación de nuevas tecnologías de secuenciación en la ciencia y cómo está cambiando la didáctica de las ciencias, incluyendo iniciativas modernas que buscan cambiar los esquemas de enseñanza de la ciencia tales como los ‘Next Generation Science Standards (NGSS)’. Aprender ciencia no es la acumulación de conocimiento por parte de nuestros estudiantes, es aprender a entender el mundo que los rodea y desarrollar el pensamiento crítico, una herramienta fundamental en las habilidades de los futuros ciudadanos del siglo XXI.

## Introduction

---

Teaching science in the 21st century, from a preschool stage, through compulsory education to advanced and specialized studies, must be a carefully planned task.

Science Education is one of the major concerns of developed countries, the success of a nation depends on knowing how to take advantage of its own human capital, of harnessing the creativity, dynamism and vision of new generations, it all depends on how to educate students, especially in science, technology, engineering and mathematics (STEM). It is necessary to form a society capable of making informed decisions, with critical thinking, which has a direct impact on their own benefit, on their health, on their safety, on the environment and on the economy. In the global market of the 21st century, it is required to have the ability to compete with nations around the world and one of the most valuable resources of any nation is its own society.

## What do we want our students to learn about science?

---

We live in the era of new technologies, everything is evolving very quickly in all fields of knowledge, and emerging technologies such as Internet of Things are developing and creating a great impact on business and our daily lives (Zafar et al. 2019). Knowledge is available from any device with Internet access, teachers and schools are no longer required to memorize it. Thus, the role and skills of a teacher of the 21st century, relies on his/her quality as a person and his/her ability to know how to guide the students to achieve their most ambitious goals, just what has inspired the program “Reach for the Stars” coordinated by the National Science Teaching Association (USA) that search for a revolution in the teaching of science from the elementary levels.

Today, education at any level does not only imply acquiring knowledge, but also acquiring the skills necessary to learn, work, be a citizen of the 21st century society. Thus, education experts have created a list of those skills, based on the premise that what society needs to grow and evolve in the present century are young innovators in all areas. Young innovators stand out for their perseverance, willingness to experiment, the ability to take calculated risks, ability to tolerate failure, critical thinking and creative capacity for “design thinking”, in addition to a clear sense of ethics, a moral vision of life, a notion of what is inherently good or bad in the human sense (Wagner 2012).

It is interesting to stop a little to analyze that so-demanded skill, such as design thinking, which some authors define as the ability to turn abstract ideas into practical applications (Liedka and Ogilvie 2011). It should be noted that design thinking has gained great relevance globally, it has become a phenomenon since as promoted by business schools, being key to the success of companies such as Google or Apple. This “new methodology” is taught in major universities around the world and encouraged at all levels of business.

### **Design Thinking**

---

What is the so-called Design Thinking? According to the Interaction Design Foundation, design thinking is a non-linear iterative process that seeks to understand users, challenge assumptions, redefine problems and create innovative solutions for prototypes and tests.

The method consists of 5 phases: empathize, define, devise, create prototypes and test. (1<sup>st</sup>) “Empathize” involves the exploration of the environment including the analysis of ideas and realities, this is carried out by working in creative teams, where the members express their own ideas and points of view. (2<sup>nd</sup>) “Define” the challenge or the problem, interpret, extract and analyze the information about that problem, (3<sup>rd</sup>) “Ideate”, to generate new ideas that solve that great challenge, (4<sup>th</sup>) “Create prototypes”, a first model which the problem can be solved with, and the last step is to “Prove” that involves experimenting, if the ideas or designs are not viable, it goes back to the previous steps or the previously generated ideas are improved which allows to evolve.

This “new” methodology has its origins in the ideas of the cognitive scientist and Nobel Prize-awarded Herbert A. Simon, who was the first to mention design thinking as a way of thinking in his book “The Sciences of the Artificial” in the first edition in 1969. Throughout the 70s he contributed many ideas that are now considered the principles of design thinking.

Tim Brown, an industrial designer, who is considered an expert in the area of design thinking, is an engineering professor at Stanford University and CEO of the IDEO company (<https://www.ideo.com/>) which provides innovation consulting services. He has worked for leading companies in its sectors, such as Apple, where he worked creating the company’s first computer mouse. Brown defines the design thinking as a human-centered approach to innovation that relies on the designer’s toolkit to integrate people’s needs, the possibilities of technology and the requirements for business success. Brown affirms in several of his publications on the web, that thinking like a designer can transform the way organizations develop products, services, processes and strategies, because this approach brings together what is desirable from a human point of view about what is technologically feasible and economically viable. It also allows people not trained as designers to use creative tools to address a wide range of challenges. Everything indicates that design thinking manages to obtain creative solutions for different problems, and it can be applied to business, technology, education and many other sectors looking for innovation.

After analyzing the steps followed by the methodology of design thinking, certainly for a scientist these steps would seem to be equivalent to the scientific methodology: the approach of a problem based on observation, the generation of an idea or hypothesis that can solve the

problem, the experimentation where that idea is put to the test, and if the initial idea does not work, the feedback and production of new ideas, the problem is restated. Perhaps the biggest difference is the context in which both methodologies are used, is that the scientific method is a systematic way of learning from the world around us, while the methodology of design thinking try to find answers to problems with a fully anthropocentric approach.

However, both methodologies converge on the fact that the main tools for solving problems focus on the human abilities and characteristics of observation, curiosity, creativity and innovation. Precisely the skills that students are required to develop, whether to solve a problem of a scientific or social nature.

Whatever the similarity between the two methodologies, it is to be highlighted that in science the acquisition of knowledge should not be the sole purpose of science education, but also to learn to question everything, to have a critical thought. Since new technologies in all fields have arrived, the generation of an enormous amount of data has given rise to the so-called big data era.

### **Big Data**

---

What is Big Data? When talking about Big Data, according to most analysts and professionals, they refer to data sets ranging from 30-50 Terabytes to several Petabytes ( $10^{15}$  bytes). However, the widely accepted definition of big data for merit the term requires not only the data to be very large, but also to be heterogeneous, generated very rapidly and also associated with uncertainty (Fillinger et al. 2019). A lot of data are generated by modern technologies, internet and mobile data, and sectoral data collected by specialized companies, and experimental data in science. The data is managed through sophisticated programs that allow its analysis and its use for different purposes. In the industry in general it is used for the creation of new products and services, they allow to know the needs of the clients and to be able to satisfy those needs.

In the tourism industry, Big data analysis offers these companies the ability to collect customer data, apply analysis and immediately identify potential problem. In the healthcare industry it is required to generate patient records, health plans, insurance information, diagnoses or treatment options can be provided almost immediately.

Manufacturing companies deploy sensors in their products to receive telemetry data that are sometimes used to offer communications, security and navigation services. This telemetry also reveals usage patterns, failure rates and other product improvement opportunities that can reduce development and assembly costs. In the advertising industry, the proliferation of smartphones and other GPS devices offers advertisers the opportunity to target consumers when they are near a store, cafeteria or restaurant. Although apparently the analysis of Big data is enhanced to better understand consumer behavior, in the scientific area it has allowed advances in the understanding of our surrounding world, and has generated a great deal of knowledge at high speed. Nevertheless, it is to be highlighted that high-throughput

data coming from a single source do not fulfil the criteria to be considered as big data, and the same occurs for data that allow for straightforward and accurate conclusions, as well as datasets of low complexity or obtained at low generation rates, even if the data are produced in big volumes or amounts, since in these cases they are considered large data instead of big data (Yao et al. 2015, Fillinger et al. 2019).

The technological revolution has affected all fields in the last 10 years. In the case of biological and biomedical sciences, genomics and next-generation technologies are in the top of data amounts generated at astonishing high speed. In this sense, one of the great revolutions in biological sciences in the recent years has been the ability to decipher the DNA sequence at an impressive rate. DNA is the chemical name of the molecule that contains the genetic information in all living beings. It consists of two chains that are wound between them to form a double helix structure. Each chain has a central part formed by sugars (deoxyribose) and phosphate groups. Attached to each sugar is one of the following 4 bases: adenine (A), cytosine (C), guanine (G), and thymine (T). The two chains are held together by links between the bases; adenine binds with thymine, and cytosine with guanine. The sequence of these bases along the chain is what encodes the instructions to form proteins and RNA molecules.

### **DNA Sequencing and NGS technologies**

DNA sequencing means determining the order of the four basic components. In 1970, Frederick Sanger and his colleagues developed a sequencing method that continues to be used nowadays with some variants (Hagemann 2015) Sanger sequencing has been very useful in various branches of bioscience, where the determination of gene sequences has allowed, for example, to detect mutations related to oncogenes, to identify the specific type of cancer of a patient allowing the doctor making better decisions for treatments. Scientists can use sequence information to determine which sections of DNA contain genes or clusters of genes and which sections carry regulatory instructions, which activate or deactivate genes. to investigate criminal cases in forensic genetics, etc. In addition, sequence data can highlight changes in a gene that can cause disease. In other areas has allowed us to know more deeply the biodiversity existing around us, knowing the biological diversity of ecosystems, leading to the discovery of new microorganisms, including species responsible for diseases as well as beneficial microorganisms or biotechnologically interesting species, etc. The classification of organisms has changed thanks to the use of genetic markers to build phylogenetic history and relationships, and our knowledge on biodiversity, especially on microbial diversity, has increased enormously from the sequencing of phylogenetic markers.

The valuable information provided by gene sequencing gave way to very ambitious projects such as the human genome sequencing. Genome is a word to name all the DNA of an organism. Each genome contains the information necessary to build and maintain that organism throughout its life. The genome contains all instructions to grow from a single cell. In a human being, for example, the human genome guides growth, the work of different organs and the repair of itself when it is damaged and has the characteristics that make a person unique. In February 2001, the first results of the Human Genome Project (PGH)

were published, which consisted of a complete sequence at 90 percent of the three million base pairs in the human genome. One of the research groups published their data in 2001, in Nature journal (Lander et al. 2001). The Human Genome Project (HGP) has been considered one of the greatest exploration achievements in history. An internal discovery led by an international team of researchers that sought to sequence and map all the genes of the members of our species *Homo sapiens*. It began on October 1, 1990 and was completed in April 2003, the HGP gave us the ability, for the first time, to read nature's complete instructions to build a human being (Behjati and Tarpey 2013).

The Human Genome Project is a milestone in scientific research, and marked the beginning of the era of genomics, the study of the genome of organisms. The Sanger sequencing method is a "first generation" DNA sequencing method that has made possible the development of "next generation" sequencing (NGS) technologies, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> next-generation technologies (Hagemann 2015). A revolution in science has begun with the development of all these new technologies, for example, using NGS, a complete human genome can be sequenced in a single day. In contrast, previous Sanger sequencing technology, used to decipher the first human genome, required more than a decade to deliver the final draft (Behjati and Tarpey 2013), and from this first milestone onwards, great-scale studies on human genomes have been carried out, such as the 1000 Genomes Project, or the 1000000 Genomes project, aiming at providing research in diseases as well as a basis for personal healthcare (Auton et al. 2015, Turnbull et al. 2018).

Thus, studies supported by new technologies and the ability to analyze large amounts of data gave rise to omic technologies, mainly aimed at the universal detection of genes (genomics), mRNA (transcriptomics), proteins (proteomics) and metabolites (metabolomics) in a specific biological sample, what applied in diversity of scientific fields has generated new discoveries, which also given the development of new information technologies, can be released in a few hours worldwide.

### **Microbial associations with higher taxa: discovering the relevance of microbiome for health**

---

It is widely known for many years the relevance of gut microbiome in human health, but the discovery of the importance of microorganisms and microbiome for higher plants or animals have been stated much more recently. For example, in other non-biomedical areas, such as plant microbiology, great advances have been made through omic technologies that have revealed, for example, how bacteria that induce the formation of structures known as nodules in the roots leguminous plants where they can fix atmospheric nitrogen and provide this essential nutrient for plant growth. The first endosymbiotic nitrogen fixing bacterium discovered in legumes was *Rhizobium leguminosarum*, and nowadays the genus *Rhizobium* contains more than 100 species, and currently there are many other genera and bacteria with this ability to fix nitrogen biologically (Peix et al., 2015) Nowadays a lot of information of *Rhizobium* is available, how this bacterium goes from behaving like a saprophyte to an endosymbiont of the plant (Poole et al., 2018), in addition to what happens within

the root nodules at the metabolic level while the bacterium transforms atmospheric N into assimilable forms for the plant (Ogden et al., 2017). All this has allowed us to understand how impressive the interactions between living beings are. We have discovered that beyond the nodulating bacterial strains of rhizobia, bacterial diversity inhabiting legume nodules is enormous (Ramírez-Bahena et al., 2013; Velázquez et al., 2013), and this endophytic community surely affects not only the nodule functioning but the whole plant physiology, which will have to be deeply studied in the coming years.

Also, through the NGS technologies it has been possible to develop the Human Microbiome Project HMP (<https://www.hmpdacc.org/>), the largest microbial map ever made to date. This important scientific advance is also having a strong impact on society, the concept that bacteria and microorganisms in general are entities to avoid, considered synonymous with diseases has changed. Thanks to this project we can better understand that not all microbes should be eliminated, and that, on the contrary, it is important preserve them. This study involved more than 80 universities and 200 researchers, and currently we know that human beings harbor more microorganisms than their own cells, and all since this ambitious project was launched in 2008. Thanks to technological advances, the HMP has assumed the mission of generating resources that facilitate an understandable description of the human microbiota and the analysis of its role in both health and disease. More than 10 years after the project began, the most recent studies on the human microbiome are still obtaining surprising data, as in the study by Ma and Li (2019) where they have described how and why the difference between the sexes makes their microbioma to be different. The conformation of the so-called microgenderome is the result of factors derived from the difference in the gender, the selective pressure of the microorganisms is modulated by the physiology of the host (immunity, hormones, gut-brain communications, etc.). These studies provide a reference and guideline investigation of gender-specific susceptibility to certain microbiome-associated diseases, which, in turn, can be valuable for optimizing their prevention and treatment strategies.

The importance of our own microbes in the maintenance of our health generated interest in the study of the role of the microbiome of plants, considering that the plant microbiome is also essential in maintaining their health, so a number of studies have started to take advantage of plant microbiome engineering to maintain the health of our crops to improve the quality of food and to confer the crops resilience to climate change. There are different factors affecting plant microbiome, both biotic and abiotic, and it is nowadays known that a complex microbial community is associated with the plant to form the plant holobiont (Hardoim et al., 2015), and the study of the holobiont functionality and the factors affecting the microbial assemblage in the plant microbiome will lead to the understanding of the plant-microbe interactions and how to manage these interactions to improve plant health, production and adaptation to stressed environments (Hacquard, 2016; Compant et al., 2019).

The above are just examples of the revolution that has led to the emergence of NGS technologies, the generation of a large amount of information at high speed, which places us in the era of big data, which is leading to what might well be called the Next Generation Science.

## Next Generation Science

---

A society dependent on its scientific and technological development cannot put aside efforts to develop a better understanding of science, its applications and scientific activity in general. The growing concern for a society of the future with a critical mind, the Next Generation Society, has motivated the creation of different initiatives and projects that aim to improve the teaching of science, a fact that goes hand in hand with empowerment of highly qualified professionals, mainly in the areas of Science, Engineering and Mathematics. In the last decade, some of the world's leading leaders have made known their concern to improve the quality of education in these areas. Investment in quality education has a direct impact on society, on their health, on their safety, on the environment and on the economy. In a global market of the 21st century, capacity is required to be competitive and one of the most valuable resources of any nation is its own society. In this sense, in the last years it has been recognized a growing interest in involving students in research activities, in the context of Research Based Learning (RBL), which is a learning methodology where research is considered as an underpin to teaching at a wide range of levels (Noguez and Neri, 2019).

Organizations such as Changing the Equation have been created in the United States, a non-profit organization dedicated to mobilizing the business community to improve the quality of STEM (Science-Technology-Engineering-Mathematics) education, as well as in Europe, projects have been developed such as SCIENTIX (<http://www.scientix.eu/>) within the H2020 Program, to enhance the improvement in science education in European countries.

Internationally, The World Innovation Summit for Education (WISE), an initiative aimed at transforming education through innovation, has emerged, which shows that education in the classroom must be transformed, as to expect that by 2030 the teaching methods will be based on creativity, where personal skills, empathy and teamwork will be valued much more than ever.

In one of his interviews in 2015, Tony Wagner, a famous expert in Education and Director of the Innovation Laboratory of Harvard University, mentioned that right now, for companies it is more important what someone can do than what he knows, and that going to a prestigious university is no longer a competitive advantage as it used to be; it is more important what a person can do with what he knows than where he studied. Then, it is necessary to motivate young people to find real concerns and pursue them, concerns that can become passions. A person who pursues a real interest, which can become a passion and then an objective, is creating his own world, when he pursues real concerns he learns to be persevering, to have determination, to be tenacious, to learn self-discipline.

Now, going back to the previous question, what do we want our students to learn about science?

We define science as the study of nature, the behavior of natural things and the knowledge we gain about them.

Science is a way of knowing the world around us, and it is also a way of knowing ourselves as human beings.

But only when we understand how science works, can we appreciate that work.

There has been talk about things that have been discovered by chance, but in serendipity there may be something more than chance, since these scientific discoveries were really possible because their authors were attentive and they watched with curiosity their environment (although they were looking for something else in that moment). Wagner (2012) already mentioned that we are born being curious, creative and imaginative, that is within the human DNA, so scientific knowledge is the natural result of what makes us human beings.

Then, teaching/learning isolated knowledge should be avoided, especially in the early stages of education, because if basic education is expected to offer the tools to develop the skills of future citizens and world leaders, science training becomes one of the most sensitive points for society, where critical thinking develops enormously. Science plays a central role in modern life, which also forces the scientific community to link more closely with the general population (Leshner, 2003).

Thus, experts in different scientific disciplines, such as Chemistry, have set goals such as increasing public awareness and emotion for chemistry as a source of knowledge about the world, developing scientifically informed consumers, empower informed citizen participation in democratic processes, and promote the development of the workforce in chemical sciences, as well as the development of an appreciation for science as a way of knowing and building trust (NASEM, 2016).

### **Next Generation Science Standards (NGSS)**

---

The publication in 2013 of the Next Generation Science Standards (NGSS) in the USA is one of the most striking initiatives that seek to change the teaching schemes of science. These provide guidance about what all students should know and be able to do with scientific knowledge. The NGSS are designed to bring insights from newer research on how students learn science into curricular design and delivery, and to provide a standardized structure that emphasizes a deeper understanding of a smaller, yet more central number of core concepts. In a world where facts are just a click away, it is the context of the knowledge and the ability to use it that will become more important than ever (Cooper, 2013).

According to NRC [USA] (2015) it is possible to list the changes that are intended to be made within the classrooms during the development of science lessons.

### **How will science education change with the NGSS?**

---

Science education will involve less:

1. Learning of ideas disconnected from questions about phenomena
2. Teachers providing information to the whole class
3. Teachers posing questions with only one right answer
4. Student reading textbooks and answering questions at the end of each chapter
5. Worksheets
6. Oversimplification of activities for students who are perceived to be “less able” to do science and engineering

Science education will involve more:

1. Systems thinking and modelling to explain phenomena and to give a context for the ideas to be learned
2. Students conducting investigations, solving problems, and engaging in discussions with teacher guidance
3. Students discussing open-ended questions that focus on the strength of the evidence used to generate claims
4. Students reading multiple sources and developing summaries of information
5. Student writing of journals, reports, posters, and media presentations that offer explanations and arguments
6. Provision of supports so that all students can engage in sophisticated science and engineering practices

The importance of acquiring a good scientific base in more advanced studies or mainly technical specialization is also recognized (Pawloski and Shabram, 2019), since that directly contributes to improving the quality of the future technical staff.

This vision of having a solid scientific base has also been extended to other areas, where great importance has been given to understanding beyond just memorizing or even just following instructions. The implementation of RBL in the classroom can be reached through different approaches, such as research-oriented, research-based, research-tutored and research-led (Griffiths, 2004; Noguez and Neri, 2019). A good example of this can be found the rising need of powerful computers, servers and software to deal of the analysis of the enormous amount of data that is being generated with the new technologies for instance with the case of biological “omics” data: it has become necessary to use bioinformatics software for sequence analysis, for genome annotation, for data analysis of qCRP, RNAseq, etc., so many students and scientists have become users of a plethora of software to manage big data to reach conclusions, thus getting immersed almost suddenly the world of bioinformatics. But certainly, the good bioinformatics courses are very different than those available years ago. A good example is the Bioinformatics Course at the University of California (Compeau and Pevzner, 2018), which is designed in such a way that can be followed by both computer scientists or programmers and biologists, and it has been adopted by universities around the world. Its success is most likely based on the methodology used, so that students of biological sciences are taught what it means to pose a computer problem, while computer scientists are taught how and why the algorithms sought should represent the biological models. It faces both approaches that converge in the search for the resolution of the same problem. About experimental science students, they must not only learn to use the tools, but they must understand the basis of how the

different algorithms work, which makes possible, without being a programmer, to understand what a software does when looking for a specific sequence in a DNA sequence for example, leading biologists to be more critical in choosing computer tools for analyzing their data.

Undoubtedly the world is changing very quickly, it creates a lot of information that only machines can manage, technologies that connect us globally only in seconds, however none of that can exceed the human mind, the ability of the human being to create, to have ideas, to imagine. All human beings are born being curious and creative, being scientists, which has produced great inventions, ideas and amazing discoveries.

Proof of this is, for example, the very recent discovery that stability of the DNA structure relies on the stacking of hydrophobic bases. In the double DNA helix, the four chemical bases always bind with the same partner to form “base pairs”. Adenine (A) always forms a partner with thymine (T); cytosine (C) always forms a couple with guanine (G). The stability of the double helix of DNA depends on a balance of interactions between the molecules that compose it: (i) the bonds of hydrogen between the bases, (ii) the bonds of hydrogen between the bases and in surroundings of the water molecule and (iii) the interactions of base-stacking between the adjacent bases. Feng et al. (2019) have just discovered that the stacking of hydrophobic bases is one of the main contributors to the stability of the double helix of DNA and not as it had been thought during decades that was due to hydrogen bonds between the base pairs. The key to this discovery was the idea of doing what no one had ever done, no one had previously placed DNA in a hydrophobic environment like this or observed how it behaved. Human curiosity and creativity is what gives rise to new discoveries.

## Conclusions

---

Critical thinking makes us to move forward, to break rules, to create new paradigms, with will help us to solve the most complex problems facing the 21st century society, so it is essential not to lose the essence that makes us human beings. In this sense, the teaching of science in a modern way including Next Generation Science Standards is a task of great relevance to train future generations in the challenges that our quickly changing world demands and must be an integrated task involving agents from different sectors of society.

## References

---

- Auton A, Brooks LD, Durbin RM, Garrison EP, Kang HM, Korbel JO, Marchini JL, McCarthy S, McVean GA, Abecasis GR. 2015. A global reference for human genetic variation. *Nature* 526:68-74
- Behjati S, Tarpey PS. 2013. What is next generation sequencing? *Arch Dis Child Educ Pract Ed.* 98(6): 236–238.
- Compant S, Samad A, Faist H, Sessitsch A. 2019. A review on the plant microbiome: Ecology, functions, and emerging trends in microbial application. *Journal Advanced Research* 19:29-37
- Compeau P, Pevzner P. 2018. Bioinformatics algorithms, an active learning approach. Active Learning Publisher. USA.
- Cooper MM. 2013. Chemistry and the next generation science standards. *J Chem Educ* 90:679-680.

Feng B, Sosa RP, Martensson AKF, Jiang K, Tong A, Dorfman KD, Takahashi M, Lincoln P, Bustamante CJ, Westerlund F, Nordén B. 2019. Hydrophobic catalysis and a potential biological role of DNA unstacking induced by environment effects. *Proc Natl Acad Sci USA* 116 (35) 17169-17174; first published August 14, 2019 <https://doi.org/10.1073/pnas.1909122116>

Fillinger S, de la Garza L, Peltzer A, Kohlbacher O, Nahnsen S. 2019. Challenges of big data integration in the life sciences. *Analytical Bioanalytical Chemistry* 411:6791-6800

Griffiths, R. 2004. Knowledge production and the research-teaching nexus: the case of the built environment disciplines. *Stud. High. Educ.* 29: 709–726

Hacquard S. 2016. Disentangling the factors shaping microbiota composition across the plant holobiont. *New Phytologist* 209:454-457

Hagemann IS. 2015. Overview of technical aspects and chemistries of next-generation sequencing. *Clin Genomics* 2015:3-19.

Hardoim PR, Van Overbeek LS, Berg G, Pirttilä AM, Compant S, Campisano A, Döring M, Sessitsch A. 2015. The hidden world within plants: Ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. *Microbiology Molecular Biology Reviews* 79:293-320

Lander ES, Linton LM, Birren B, Nusbaum C, Zody MC, Baldwin J, Devon K, Dewar K, Doyle M, FitzHugh W, Funke R, Gage D, Harris K, Heaford A, Howland J, Kann L, Lehoczky J, LeVine R, McEwan P, McKernan K, Meldrim J, Mesirov JP, Miranda C, Morris W, Naylor J, Raymond C, Rosetti M, Santos R, Sheridan A, Sougnez C, Stange-Thomann N, Stojanovic N, Subramanian A, Wyman D. 2001. International Human Genome Sequencing Consortium. *Nature* 409:860–921.

Leshner AI. Public engagement with science. 2003. *Science*. 299(5609):977.

Liedka J, Ogilvie T. 2011. Designing for Growth: a design thinking tool kit for managers. . Columbia University Press, 2011. JSTOR, [www.jstor.org/stable/10.7312/lie15838](http://www.jstor.org/stable/10.7312/lie15838)

Ma ZS, Li W. 2019. How and why men and women differ in their microbiomes: medical ecology and network analyses of the microgenderome. *Adv Sci* 1902054

NASEM National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. Communicating chemistry: a framework for sharing science: a practical evidence-based guide. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/23444>.

Noguez J, Neri L. 2019. Research-based learning: a case study for engineering students. *International Journal Interactive Design Manufacturing (IJIDeM)*; 13: 1283-95.

NRC [USA] National Research Council. (2015). Guide to implementing the next generation science standards. Committee on Guidance on Implementing the Next Generation Science Standards. Board on Science Education, Division of Behavioural and Social Sciences and Education, Washington, DC: The National Academies Press.

Ogden AJ, Gargouri M, J Park, Gang DR, Kahn ML. 2017. Integrated analysis of zone-specific protein and metabolite profiles within nitrogen-fixing *Medicago truncatula*-*Sinorhizobium medicae* nodules. *PLOSone* <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180894>

Pawloski J, Shabram P. 2019. Building engagement in STEM through career courses at two-year institutions. *Journal College Science Teaching*. 49(2):9-15. .

Peix A, Ramírez-Bahena MH, Velázquez E, Bedmar EJ. 2015. Bacterial associations with legumes. *Crit Rev Plant Sci* 34:17-42

Poole P, Ramachandran V, Terpolilli J. 2018. Rhizobia: from saprophytes to endosymbionts. *Nature Reviews Microbiology* 16: 291–303

Ramírez-Bahena MH, Tejedor C, Martín I, Velázquez E, Peix A. 2013. *Endobacter medicaginis* gen. nov., sp nov., isolated from alfalfa nodules in an acidic soil. International Journal Systematic Evolutionary Microbiology 63:1760-1765

Simon HA. 1996. The science of the artificial. Third edition. The MIT Press. England

Turnbull C, Scott RH, Thomas E, Jones L, Murugaesu N, Pretty FB, Halai D, Baple E, Craig C, Hamblin A, Henderson S, Patch C, O'Neill A, Devereau A, Smith K, Martin AR, Sosinsky A, McDonagh EM, Sultana R, Mueller M, Smedley D, Toms A, Dinh L, Fowler T, Bale M, Hubbard T, Rendon A, Hill S, Caulfield MJ. 2018. The 100000 Genomes Project: bringing whole genome sequencing to the NHS. BMJ (Clinical research ed) 361:k1687

Velázquez E, Martínez-Hidalgo P, Carro L, Alonso P, Peix, Trujillo M, Martínez-Molina E. 2013. Nodular endophytes. Beneficial Plant-microbial Interactions. CRC Press, pp 215-236

Velázquez E, Carro L, Flores-Félix JD, Martínez-Hidalgo P, Menéndez E, Ramírez-Bahena M-H, Mulas R, González-Andrés F, Martínez-Molina E, Peix A. 2017. The legume nodule microbiome: a source of plant growth-promoting bacteria. In: Kumar V, Kumar M, Sharma S, Prasad R (eds) Probiotics and plant health. Springer Singapore, Singapore, pp 41-70

Yao Q, Tian Y, Li PF, Tian LL, Qian YM, Li JS. 2015. Design and development of a medical Big Data processing system based on Hadoop. Journal Medical Systems 39:23

Zafar S, Hussain R, Hussain F, Jangsher S. 2019. Interplay between Big Spectrum Data and mobile internet of things: Current solutions and future challenges. Computer Networks 163: 106879.

## RELEVANCE OF THE RHIZOBIA-LEGUMES SYMBIOTIC INTERACTION FOR THE ADVANCE OF SUSTAINABLE AGRICULTURE: 75 YEARS OF RESEARCH IN THE MBG-CSIC (SPAIN)

Antonio M. DE RON\*; Juan Leonardo TEJADA HINOJOZA; A. Paula RODIÑO

Misión Biológica de Galicia (MBG), Spanish National Research Council (CSIC). Pontevedra, Spain.

\* amderon@mbg.csic.es

Received: 15-september, 2019

Accepted: 17-october, 2019

Published on-line: 31-december, 2019

### Abstract

Recent research in legumes and the associated microbiota (rhizobia) started in the MBG-CSIC in 1987 by the Legume Research Group, currently Biology of Agrosystems Research Group. But in fact, the research in legume crops and their symbiotic rhizobia had a precedent in the 40's of the XX Century, as revealed by a letter addressed to the MBG-CSIC in 1943. Current and future research regarding rhizobia is focussed to the effect of water stress in the symbiotic system, the study of local strains of rhizobia, the analysis of the symbiosis in the area of origin of the Andean genetic pool of the common bean, the study in glasshouse of the symbiotic system, the performance of the system under different cropping systems and the co-evolution and migration of bean and rhizobia in Europe.

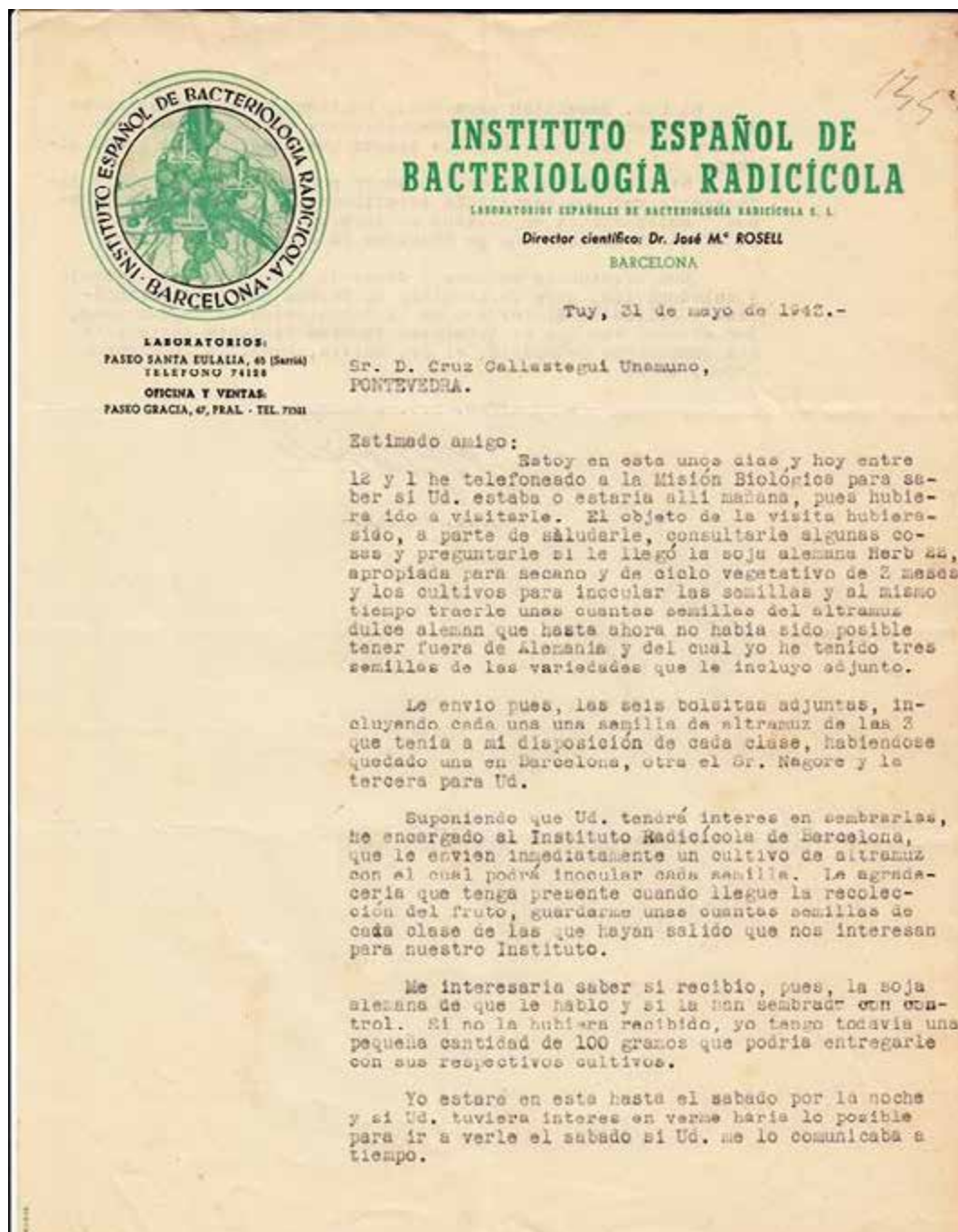
### Resumen

La investigación reciente en leguminosas y sus rizobios simbióticos comenzó en la MBG-CSIC en 1987, por el Grupo de Leguminosas, actualmente Grupo de Biología de Agrosistemas. Pero, en realidad, las investigaciones en cultivos de leguminosas y su interacción con los rizobios se habían iniciado en los años 40 del Siglo XX, según se desprende de una carta dirigida a la MBG-CSIC en 1943. La investigación actual y futura, en lo que se refiere a los rizobios, está enfocada al estudio del efecto del déficit hídrico en la simbiosis, el estudio de cepas locales de rizobios, el análisis del proceso simbiótico en la zona de origen del acervo genético Andino de la judía común, el estudio de la simbiosis en invernadero y en diferentes sistemas de cultivo en campo, y la co-evolución y migración de la judía común y los rizobios en Europa.

### Introduction

In 1987 the MBG-CSIC decided to include legume crops in its research programs related to germplasm conservation, genetics and breeding. Beans (common bean, *Phaseolus vulgaris* L. and runner bean, *P. coccineus* L.), pea (*Pisum sativum* L.), cow pea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), lupins (*Lupinus* spp.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) are the species currently included in the legume germplasm collection at the MBG. The genetic and breeding programs are focused mainly in common bean and pea and also in cowpea.

However, a letter dated in 1943 addressed to the Director of the MBG-CSIC Cruz Gallástegui from José M. Rosell, Director of the Spanish Institute of Root Bacteriology (Barcelona, Spain), revealed the research in legume crops as lupins and their associated rhizobia in that time (figure 1). Additionally, some field trials of lupin varieties were carried out in the MBG-CSIC in those years (figure 2).



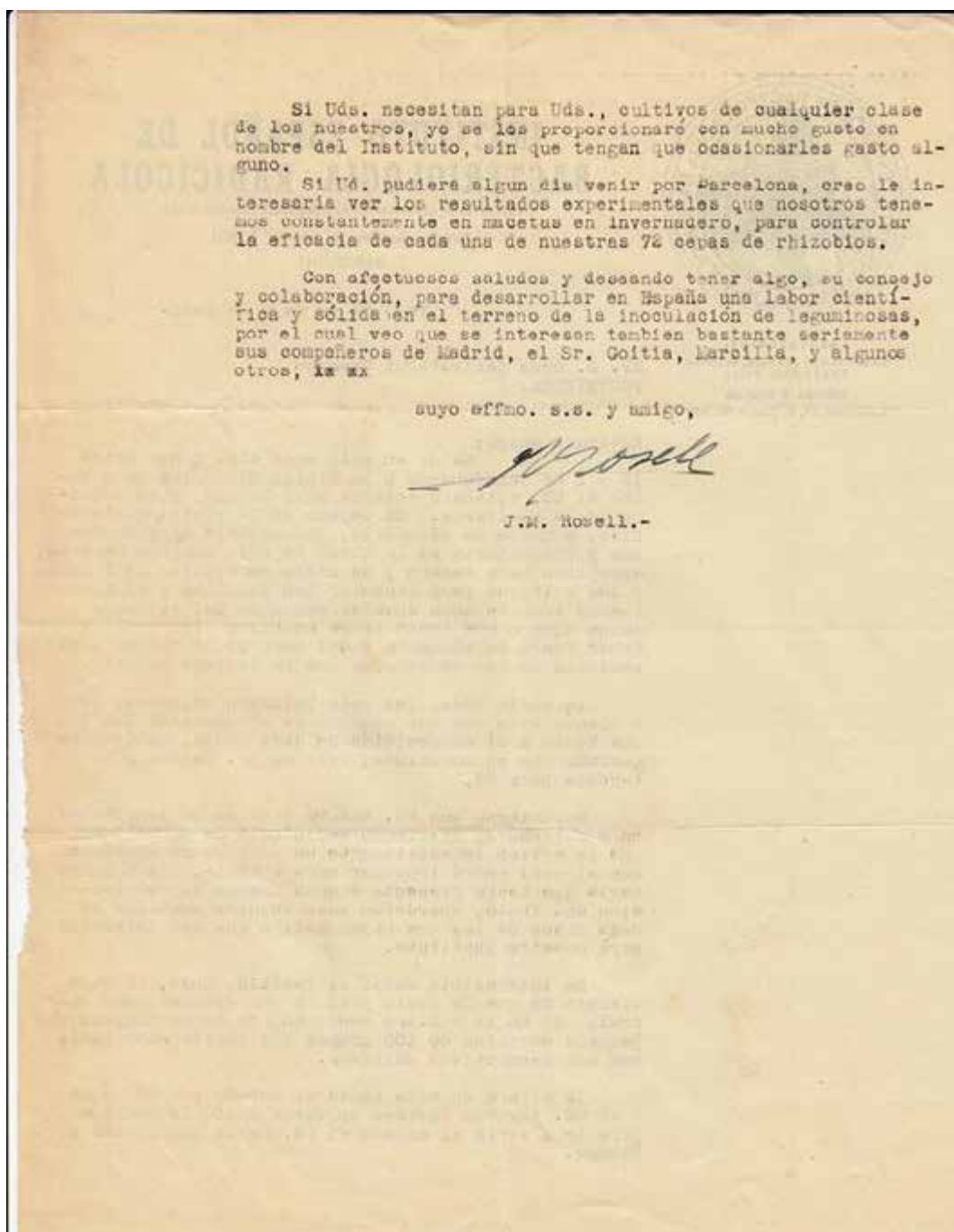


Figure 1. Letter dated in 1943 addressed to the Director of the MBG-CSIC Cruz Gallástegui from José M. Rosell, Director of the Spanish Institute of Root Bacteriology (Barcelona, Spain).





Figure 2. Field trials of lupin varieties in the MBG-CSIC.

The recent research in legumes and the associated microbiota (rhizobia) was conducted since 1987 by the Legume Research Group, presently Biology of Agrosystems Research Group. Currently, in the MBG-CSIC there is a collection of rhizobia strains collected from soils in Galicia (NW Spain). Within this collection 36 strains were isolated, and in addition there is also a collection of reference strains.

Biological or symbiotic nitrogen fixation (BNF, SNF) in the symbiotic system bean-rhizobia provides an ecological and economical alternative to increase bean production. Researchers, extension workers, and policy-makers should think of SNF as a key process, with long-term benefits, essential for sustainable agriculture, improving productivity, ensuring food security, and maintaining environmental quality.

The current MBG-CSIC research objectives in rhizobia and future prospects are described as follows.

### **Water stress**

---

Common bean is often cultivated in unfavourable conditions and with minimal inputs. It is estimate that 60% of the bean crop is cultivated under risk of intermittent or terminal drought. The effects of drought on common bean are dependent on the intensity, type and duration of the stress. Due to the symbiotic nature of the legume-bacteria interaction for nitrogen fixation, effectiveness of the symbiosis to resist water deficit in the result of the combined capacity of both the plant and the specific rhizobial strain to cope with such stress. SNF in the symbiotic system bean-rhizobia is strongly inhibited under water deficit, so that the amount of nitrogen compounds for biomass and seed production is seriously compromised under water-stress conditions. In summary the results of the MBG-CSIC research shown that, as in soybean, there are large genotypic differences in the drought sensitivity of nitrogen fixation among common bean germplasm and that the genetic variation is linked to ureide accumulation in stressed leaves. The existence of genetic variation in  $N_2$  fixation response to water deficit among legume cultivars opens a real possibility for enhancing  $N_2$  fixation tolerance to water deficit through selection and breeding.

### **Symbiotic efficiency of rhizobia populations**

---

Knowledge on the population characteristics of indigenous rhizobia populations in soils will be valuable for developing strategies to improve SNF and thus increase bean yields at low cost. The poor nodulation observed in some soils was not due to the lack of previous legume crops but was, most likely, the consequence of their susceptibility to local environmental conditions (salinity, drought, nutrient deficiencies) and their subsequent inefficiency. The selection of bean genotypes capable of being nodulated with indigenous rhizobia is a recent practice, although the distribution and cultivation of these genotypes by farmers has not been widespread. The results also indicate that identifying environments containing effective strains of rhizobia may be useful for bean breeding purposes as these strains can be applied as local sources of inoculum in bean-growing areas where the native rhizobia populations are ineffective or inadequate.

## **The symbiotic system in the Andean area of origin of the common bean**

Argentina is the area of origin of the Andean gene pool of common bean. This research analyses the diversity and physicochemical properties of the soils of bean cultivation, the isolation and taxonomic identification of the rhizobia strains of the nodules and the analysis of the most efficient rhizobia-bean symbiotic interactions to achieve higher bean yield.

## **Glasshouse studies of the symbiotic system**

Under glasshouse conditions the genotypic variation in SNF potential was generally due to variation in nodule number and weight and plant weight. A significant potential exists for further improvement of the capacity to sustain interactions with rhizobia. Therefore, breeding for improved  $N_2$  fixation must be incorporated into a bean improvement program as a standard practice with a priority equivalent to other objectives such as yield improvement, suitable plant type, disease and insect resistance, adaptability and seed quality. In addition, more research of common bean landraces capable of expressing a high SNF is recommended under controlled environmental conditions with the hydroaeroponic system since the latter optimizes their nodulation capacity.

## **Cropping systems**

The purpose is to characterize the genotype and cropping systems variability in symbiotic and plant characters and to identify the most suitable genotypes to establish an effective symbiosis with indigenous strains of rhizobia. The performance of bean genotypes under maize-bean intercropping appeared to be slightly larger for symbiotic response than in the sole cropping system. Differences in competitive abilities for soil nitrogen of the individual component crops, especially for climbing beans, may have stimulated nitrogen fixation in the intercropping system.

## **Co-evolution and migration of bean and rhizobia in Europe**

It is possible that the microorganisms associated with the common bean plant for its symbiotic nitrogen fixation may exhibit a similar arrangement of genetic diversity in Mesoamerican and Andean gene pools. *R. etli* bv. *phaseoli* has been found as the predominant nodule occupants in both the Mesoamerican and Andean centers of origin. A large genetic diversity has been documented for *R. etli* bv. *phaseoli* from the domestication centers and may be carried on bean-seed testa, possibly the means by which the species was distributed worldwide. In Europe rhizobia strains have a narrow genetic diversity that was correlative to beans being an introduced crop. It seems that in some sites of introduction bean is nodulated by other species in addition to diverse *R. etli* bv. *phaseoli* and the co-occurrence of several species is common. Remarkably, in a single soil in Spain five rhizobial species (*R. etli* bv. *phaseoli*, *R. leguminosarum*, *R. gallicum*, *R. giardinii*, *Sinorhizobium fredii*) were found to nodulate *P. vulgaris* L. The other species, which have also been found at different locations in Europe, probably represent bacteria that pre-existed in European soils when beans were

first introduced and have received genetic material from the introduced *R. etli* bv. *phaseoli*. The high N<sub>2</sub> fixing potential found in a recent study reveals a genotypic variability for traits associated with N<sub>2</sub> fixation in common bean of the European germplasm collection at the MBG-CSIC, which has diversified in the Iberian Peninsula. It is particularly important for low N<sub>2</sub>-fixing legumes such as common bean, for which there appears to be large variability in nodulation and in the efficiency of the tested rhizobia, with regard to the native rhizobia strains, adapted to local environmental conditions and considered to present a real opportunity for improving N<sub>2</sub>-fixation in the common bean through plant breeding.

### Scientific and technical contributions of the MBG-CSIC

The results of the scientific and technical contributions of the MBG-CSIC to the study of the rhizobia-legumes symbiotic interaction for the advance of sustainable agriculture are displayed in the ANNEX 1.

### ANNEX 1: MBG-CSIC literature (in chronological order)

1993. Amurrio JM, De Ron AM, Santalla M, Temprano F. Estudio preliminar del comportamiento de variedades de guisantes inoculadas con *Rhizobium leguminosarum* en Galicia. *Actas de Horticultura* 10: 1376-1381
1999. Amurrio, JM. Estudio de la infectividad y efectividad de la simbiosis *Rhizobium leguminosarum* - *Pisum sativum*. Trabajo de Investigación de Fin de Carrera de Ingenieros Técnicos en Hortofruticultura y Jardinería. Universidad de Santiago de Compostela.
2001. Santalla M, Amurrio JM, De Ron AM. Symbiotic interactions between *Rhizobium leguminosarum* strains and elite cultivars of *Pisum sativum* L. *Journal of Agronomy and Crop Science*: 187: 59-68.
2001. Santalla M, Amurrio JM, Rodiño AP, De Ron AM. Variation in traits affecting nodulation of common bean under intercropping with maize and sole cropping. *Euphytica* 122: 243-255.
2004. Rodiño AP, Santalla M, Drevon JJ, De Ron AM. Fijación simbiótica de nitrógeno de poblaciones de judía de la Península Ibérica. *Actas de Horticultura* 41: 345-348
2005. Rodiño AP, Santalla M, De Ron AM, Drevon JJ. Variability in symbiotic nitrogen fixation among white landraces of common bean from the Iberian Peninsula. *Symbiosis* 40: 69-78
2006. Rodiño AP, Santalla M, González AM, Drevon JJ, De Ron AM. Variability in symbiotic nitrogen fixation in common bean. *Annual Report Bean Improvement Cooperative* 49: 109-110.
2008. Rodiño AP, Santalla M, De Ron, AM. Improvement of the symbiotic interaction bean-rhizobia. *Annual Report Bean Improvement Cooperative* 51: 52-53
2009. Riveiro M, De Ron AM, Drevon JJ, Rodiño AP. Interaction of water stress and nodulation in bean landraces. *Actas de la AEL* 4: 64-65
2010. Rodiño AP, Santalla M, De Ron AM, Drevon JJ. Co-evolution and migration of bean and rhizobia in Europe. In: Lichtfouse E (Ed.) *Sociology, organic farming, climate change and soil science. Sustainable Agriculture Reviews* 3, 171-188. Springer
2011. Rodiño AP, De La Fuente M, De Ron AM, Lema MJ, Drevon JJ, Santalla M. Variation for nodulation and plant yield of common bean genotypes and environmental effects on the genotype expression. *Plant and Soil* 346: 349-361

2011. Rodiño AP, De la Fuente M, González AM, De Ron AM, Santalla M. Diversidad de las Leguminosas en Europa y en España. In: Megías M et al. (eds.) Fundamentos y aplicaciones agroambientales de las interacciones beneficiosas plantas-microorganismos, 19-34. Sociedad Española de Fijación de Nitrógeno (SEFIN). Granada, España
2012. Riveiro, M. Tolerancia de variedades de judía a estrés hídrico estacional e implicaciones en la fijación simbiótica de Nitrógeno. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Lugo, España
2014. Coletto I, Pineda M, Rodiño AP, De Ron AM, Alamillo J. Comparison of inhibition of N<sub>2</sub> fixation and ureide accumulation under water deficit in four common bean genotypes of contrasting drought tolerance. *Annals of Botany* 113: 1071-1082
2014. De Ron AM, Rodiño AP, Riveiro M. Analysis of the symbiotic system bean-rhizobia under water stress conditions in greenhouse. *Annual Report Bean Improvement Cooperative* 57: 99-100
2015. De Ron AM (Ed.). Grain Legumes. Series: Handbook on Plant Breeding. Springer Science+Business Media, New York, USA. 438 pp.
2015. Duc G, Agrama H, Bao S, Berger J, Bourion V, De Ron AM, Gowda CLL, Mikic A, Millot D, Singh KB, Tullu A, Vandenberg A, Vaz Patto MC, Warkentin T, Zong X. Breeding annual grain legumes for sustainable agriculture: new methods to approach complex traits and target new cultivar ideotypes. *Critical Reviews in Plant Sciences* 34 (1-3): 381-411
2017. De Ron AM, Ferreyra MJ, Menéndez-Sevillano MC, Ibarra L, González Anta G, Perrig D, Rodiño AP, Bedmar EJ. Diversity and conservation of wild and primitive common bean germplasm and their associated rhizobia in the andean region. In: Jiménez JC, Clemente A (Eds.) Legumes for global food security 41-71. Nova Science Publishers, New York, USA
2017. De Ron AM, Rodiño AP, Bedmar EJ, Menéndez-Sevillano MC, Ferreyra MJ, Ibarra L, González-Anta G. Recursos genéticos de judía común (*Phaseolus vulgaris* L.) y sus rizobios asociados en suelos de su centro de origen andino. *Actas de la AEL* 7: 27-34
2017. Rodiño AP, Riveiro M, De Ron AM. Colección de rhizobia de la MBG-CSIC y estudio de su eficiencia simbiótica con judía. *Actas de la AEL* 7: 75-92
- On-going. Tejada Hinojoza, JL. Características agromorfológicas y fitopatológicas de la judía común (*Phaseolus vulgaris* L.) y su relación simbiótica. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Lugo, España

## TALAS DE VEGETACIÓN RIPÍCOLA EN LA PROVINCIA DE PONTEVEDRA

Ignacio Santiago SANTOS PIÑEIRO \*

Servicio de Patrimonio Natural, Xunta de Galicia, Pontevedra, España.

Pontevedra, España

\* ignacio.santiago.santos.pineiro@xunta.gal

*Recibido: 03-05-2019*

*Aceptado: 19-10-2019*

*Publicado on-line: 31-12-2019*

### Resumen

En el presente trabajo analizamos los datos disponibles sobre las talas de vegetación ripícola efectuadas durante el período de seis meses, comprendido entre noviembre de 2018 y abril de 2019, en la provincia de Pontevedra. La vegetación ripícola estudiada corresponde a los ríos de las cuencas fluviales del Ulla, Umia, Lerez, Verdugo y Lagares y a los pequeños ríos que desembocan directamente en las rías de Arousa, Pontevedra y Vigo. La mayoría de las talas y tratamientos de vegetación ripícolas afectaron a árboles sanos que son susceptibles de un aprovechamiento o interés comercial por lo que estas talas devengan tasas económicas, pero también se analizaron las talas que afectaron a árboles caídos, secos o que interfieren directamente sobre el curso del agua y que por tener que retirarse obligatoriamente no devengan tasas. El número total de árboles talados fue de 1318 ejemplares, incluyendo los árboles sanos, los caídos y también los secos. La mayor parte de los árboles talados en todas las cuencas fluviales fueron alisos y sauces que representan el 85% del total. El volumen estimado de la madera que representaron los árboles talados fue de 406,72 m<sup>3</sup> destacando en la cuenca del Ulla los alisos y sauces que son las especies dominantes del ecosistema, mientras que en las otras cuencas destaca el volumen de las especies alóctonas.

### Abstract

In the present work it is analyzed of the data collected during a period of six months between November 2018 and April 2019 about the felling of ripicola vegetation. The ripicola vegetation studied corresponds to the rivers of the fluvial basins of Ulla, Umia, and the other basins of Lerez and Verdugo, and other rivers that flow directly into the rías of Arousa, Pontevedra and Vigo. The majority of the fellings and treatments of ripicola vegetation affected healthy trees that are susceptible of an advantage or commercial interest which they generates taxes. Furthermore, we considerate fellings which affected fallen, dried trees and those fellings which directly interfere with the water course and therefore do not generate taxes. The total number of trees felled was 1318 specimens, including healthy, fallen and also dry trees. Most of the trees in all river basins were alders and willows which represent a 85% of the total. The estimated volume of wood that represented the felled trees was 406.72 m<sup>3</sup> most of it located in the Ulla basin. The alders and willows they were the dominant species of the ecosystem. Whereas in the other basins, the biggest estimated volumen were allochthonous species or non native species.

## Introducción

La vegetación ripícola estudiada está constituida por los árboles que crecen en las riberas de los ríos y en los 5 metros de su zona de servidumbre. También se le denomina bosque ripícola o de ribera cuando corresponde a una masa considerable de árboles, aunque en la actualidad la biomasa existente en muchas de estas zonas no llega a tanto, tratándose solamente de vegetación de ribera compuesta por una escasa fila de árboles aislados, acompañados de ciertas plantas arbustivas y herbáceas.

Los bosques ripícolas en un sentido amplio, están incluidos dentro de la lista de hábitats prioritarios de Galicia, según la directiva europea comunitaria (DC 92/43/CEE) y clasificados en la categoría: bosques aluviales de alisos (*Alnus glutinosa* Mill.) y fresnos (*Fraxinus excelsior* L.).

El bosque ripícola, también caracterizado como bosque en galería o bosque ripario, está constituido por los árboles que crecen en el propio lecho, los que crecen en las riberas y también los que crecen en las márgenes del río, incluyendo las zonas encharcadas próximas de máximas crecidas y la zona de servidumbre inmediata de los 5 m.

En la provincia de Pontevedra que está dentro de la región Eurosiberiana, la vegetación autóctona está constituida por saucedas y alisedas, acompañadas por fresnedas y bosques mixtos mesofíticos (Adena, WWF, 1989). La mayoría de las especies son caducifolias, aunque también se encuentran de hoja perenne como el laurel (*Laurus nobilis* L.; Consellería de Medio Ambiente & Tragsatec, 2012). La especie típica en la zona norte de la provincia es el abedul (*Betula pubescens* L.) y a medida que se desciende por el territorio encontramos serbales (*Sorbus aucuparia* L.), sauces (*Salix cinerea* L.), y alisos, mientras que en el estrato herbáceo están presentes juncoïdes (*Luzula sylvatica* Huds.Gaudin), saxifragas (*Saxifraga spathularis* Brot.) y ajos silvestres (*Allium victorialis* L.)

En la actualidad los bosques de ribera en la provincia de Pontevedra están en proceso de regresión ya que la masa arbórea está disminuyendo mientras que la repoblación es prácticamente inexistente. En la comarca de Paradanta, integrada por los municipios de Arbo (4330 ha) y Crecente (5746 ha) el bosque ripícola ocupa una extensión de 23 ha, equivalente al 0,92% de la superficie total arbolada. En la comarca de O Condado, integrada por los municipios de Ponteareas (12556 ha), Salvaterra do Miño (6250 ha) y As Neves (6600 ha) el bosque ripícola ocupa una extensión de 62 ha, equivalente al 1,41% de la superficie total arbolada (Consellería de Medio Ambiente & Tragsatec, 2012).

La conservación, fomento y mejora de los bosques ripícolas corresponde a los ciudadanos de los lugares afectados, a las organizaciones sociales de ecologistas, pescadores y deportistas y a las administraciones públicas. La conservación de estos bosques va más allá del ámbito terrestre de la consolidación de los suelos, prevención de las inundaciones, regulación hidrológica y del aprovechamiento piscícola, pues llegan a tener una influencia considerable en el mantenimiento de la productividad de las rías gallegas, considerando que a través

de los ríos llegan multitud de compuestos nitrogenados y de minerales como el fósforo que son imprescindibles para nutrir de oligoelementos al fitoplancton y por consiguiente, para alimentar a los moluscos bivalvos. Es poco conocido el hecho de que en Japón, las áreas del cultivo de bivalvos se benefician de los aportes fluviales y por ello los acuicultores se implican en la conservación de los montes.

Por otra parte, los aportes fluviales cuando son excesivos, tienen un efecto letal directo sobre los bivalvos al provocar la hidratación de los tejidos y su posterior rotura y muerte. Los elevados descensos de salinidad ocurridos en épocas de temporales han provocado muchas veces episodios de mortalidad, sobre todo en las desembocaduras de los ríos Ulla, Umia, Lerez y Verdugo.

Además del agua dulce incorporada básicamente a las rías entre el mes de octubre y el mes de abril, los ríos arrastran partículas sólidas y lodos en suspensión que acaban sedimentándose en los fondos marinos. Los efectos de esta carga continua de materia orgánica pueden resultar también perjudiciales para los cultivos marinos realizados en artefactos flotantes. De ahí la necesidad de evitar los arrastres de materiales fluviales realizando labores de tratamiento de la vegetación ripícola.

Las actuaciones sobre la vegetación ripícola deben realizarse de una manera planificada, en función del estado actual en que se encuentran las riberas de los ríos, es decir, si se trata de actuaciones de conservación, recuperación, regeneración o de no procedencia (Álvarez et al., 2014).

Desde el punto de vista administrativo, los organismos competentes para autorizar las talas ripícolas en la provincia de Pontevedra son el Organismo Autónomo Augas de Galicia y la Confederación Hidrográfica Miño-Sil. El primero cuenta a su vez con la Demarcación Sur y la Demarcación Centro (Figura 1). Antes de resolver las solicitudes, estos organismos suelen contar con un informe del Servicio Provincial de Patrimonio Natural.

En este trabajo se analizan los datos correspondientes a las cortas ripícolas, correspondientes a las demarcaciones de Augas de Galicia, de árboles sanos, de árboles secos y de las podas. Por tanto, no se han tenido en cuenta las cortas ripícolas que se localizan en los espacios protegidos de la Red Natura 2000 (Serra do Candán, do Cando, Sobreirais do Arnego, Sistema Fluvial Ulla-Deza, ...) ni tampoco las cortas ripícolas localizadas en la cuenca del Miño.

El objetivo principal que orienta este trabajo es contribuir al conocimiento de condiciones en que se realizaron las talas ripícolas durante el período comprendido entre noviembre de 2018 y abril de 2019. Para cada cuenca fluvial desarrollamos los siguientes objetivos parciales:

- Determinar el número y estimar el volumen de madera de los árboles sanos talados.
- Determinar el número y estimar el volumen de los árboles secos o tumbados talados y,
- Determinar el número de árboles afectados por las podas.



Figura 1. División geográfica de las cuencas fluviales de Pontevedra. En color amarillo: Cuenca del Ulla. En color verde: Cuenca del Umia y en azul del Miño-Sil.

## Material y Métodos

Se han recogido los datos incluidos en las solicitudes de permiso para realizar talas y tratamientos de la vegetación ripícola, presentadas por las personas propietarias de fincas localizadas en la zona de servidumbre de los ríos de Pontevedra durante el período comprendido entre noviembre de 2018 y abril de 2019. Los ríos considerados en este trabajo son Ulla, Umia, Lerez, Verdugo y Lagares. Además se incluyen, cuando se disponen de datos, las cortas ripícolas localizadas en los pequeños ríos que desembocan directamente en las rías de Arousa, Pontevedra y Vigo.

De cada cuenca fluvial se contabilizó el número de árboles talados en función de cada especie, distinguiendo los alisos y los sauces de las demás especies autóctonas propias del ecosistema y de las especies alóctonas o ajenas al mismo.

Para calcular el volumen de madera que representaron dichas talas se obtuvieron los diámetros y las alturas de los árboles, para luego obtener una estimación de su volumen empleando la fórmula del cilindro como aproximación al volumen real. El volumen final se expresó en metros cúbicos ( $m^3$ ) de madera para cada especie y cuenca fluvial.

A partir de los datos disponibles no se pudo estimar el volumen de las ramas procedentes de las podas, teniéndonos que limitar, en estos casos, a indicar el número de árboles.

## Resultados y Discusión

El número total de árboles talados fue de 1318 ejemplares, incluyendo los árboles sanos, los caídos y también los secos. La mayor parte de los árboles en todas las cuencas fluviales fueron los alisos y los sauces que representan el 85% del total (Figura 2). Las demás especies autóctonas, entre las que incluimos laureles, abedules, fresnos, avellanos (*Corylus avellana* L.), saúcos (*Sambucus nigra* L.) y robles (*Quercus robur* L.) representan un pequeño porcentaje. En el apartado de especies alóctonas, como los eucaliptos (*Eucalyptus globulus* Labill.) y acacias (*Acacia melanoxylon* R.Br.), también incluimos a los pinos (*Pinus pinaster* Ait.) que son ajenos al ecosistema, aunque son propios de la Región Atlántica Ibérica.

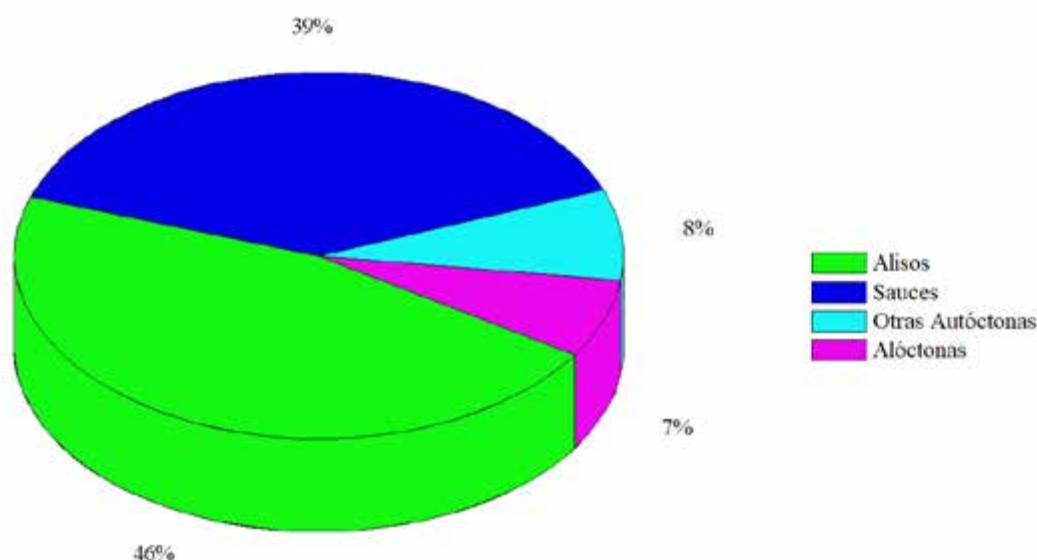


Figura 2. Distribución porcentual del número de árboles talados entre noviembre de 2018 y abril de 2019.

En la Cuenca del Ulla los alisos y los sauces son las especies dominantes y constituyen la mayoría de los árboles talados, mientras que las demás especies autóctonas y las alóctonas tienen una menor representación (Figura 3). En la cuenca del Umia el modelo resultante es similar, aunque hubo más abundancia de especies subdominantes. En el apartado de otras cuencas destaca la elevada abundancia de alóctonas y baja presencia de las otras especies autóctonas.

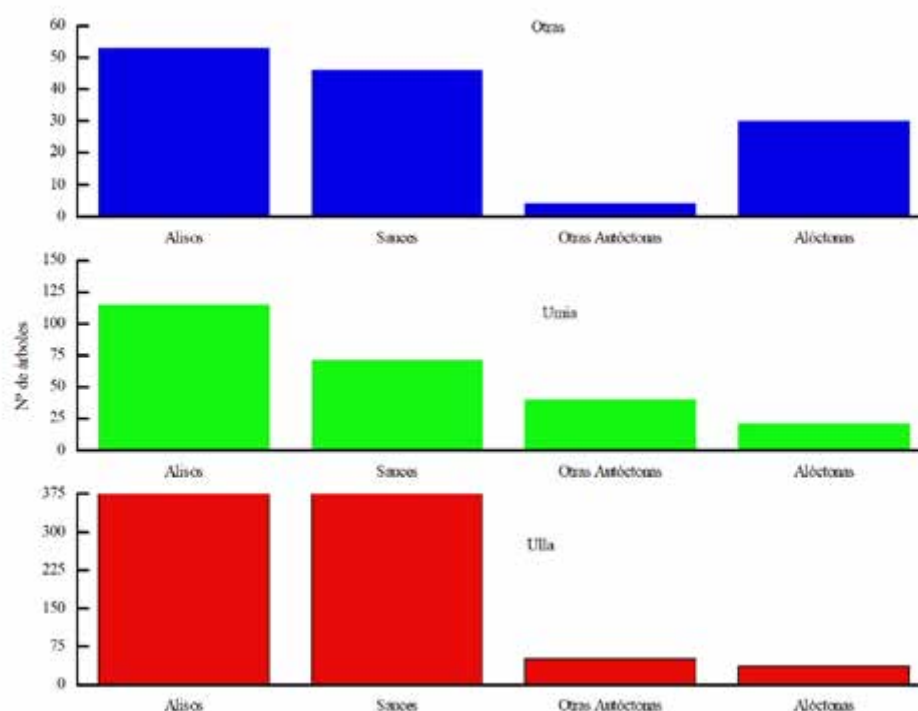


Figura 3. Distribución espacial del número de árboles talados entre noviembre de 2018 y abril de 2019.

Las causas probables de las diferencias detectadas podrían ser consecuencia de la distinta superficie de cada cuenca, y por tanto del distinto grado de vigilancia sobre las zonas de servidumbre.

El volumen total resultante fue de 406,72 m<sup>3</sup> destacando en la cuenca del Ulla los alisos y sauces y, en otras cuencas, el volumen de las especies alóctonas (Figura 4). Hay que recordar que los tratamientos intensivos en las especies alóctonas se favorecen para que resulten beneficiadas las demás especies.

La mayoría de las talas ripícolas afectan a árboles sanos que son susceptibles de un aprovechamiento o interés comercial por lo que estas cortas devengan tasas económicas.

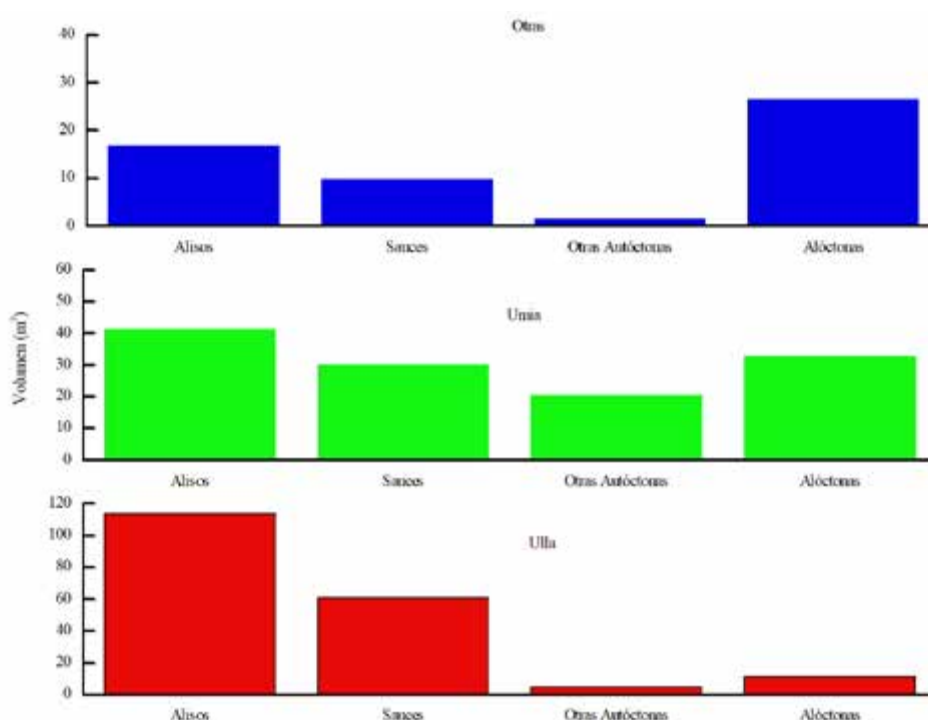


Figura 4. Distribución espacial del volumen de árboles talados entre noviembre de 2018 y abril de 2019.

Respecto a las podas registradas que no devengan tasas a la Administración, de 83 árboles podados en todas las cuencas fluviales estudiadas, el 66% correspondió a la cuenca del Ulla, siendo los alisos la especie principal (Figura 5). Además, resulta claro que las especies alóctonas no se podan porque el objetivo principal es eliminarlas. El volumen que representan las podas no fue posible estimarlo en nuestro estudio, pero sí es conveniente tenerlas en cuenta debido a que las ramas son objeto de aprovechamiento especial para leñas o para incorporar los restos vegetales en forma de nutrientes al suelo.

Por otra parte, los aprovechamientos tradicionales de madera y leña pueden favorecer la visita de personas por la zona de servidumbre y la creación de áreas anejas como playas, paseos fluviales, parques de recreo y también para mejorar el paisaje. Es necesario regular los aprovechamientos tradicionales para leña y para fabricar carbones; para elaborar artesanía en madera (elaboración con alisos de zuecos y bastones), esculturas y palillos con chopos; vigas para tejados, plantas medicinales y comestibles (Blanco, 2011).

Los árboles secos talados, como en el caso de las podas, tampoco devengan tasas económicas. Se han registrado alisos, pinos y 4 saúcos secos en el municipio de Lalín. Las causas principales de que se sequen los árboles ripícolas son los daños mecánicos y las enfermedades. Los alisos padecen una enfermedad fúngica producida por el oomiceto fitotora (*Phytophthora alni* Brasier), y del total de los 389 alisos talados en la cuenca del Ulla solamente 35 estaban secos por lo que su incidencia del 9%, resulta ser baja. En la cuenca del Umia, de los 115 alisos que fueron registrados solamente 4 estaban secos y su incidencia fue aún menor, del 3%. En las otras cuencas la incidencia fue nula.

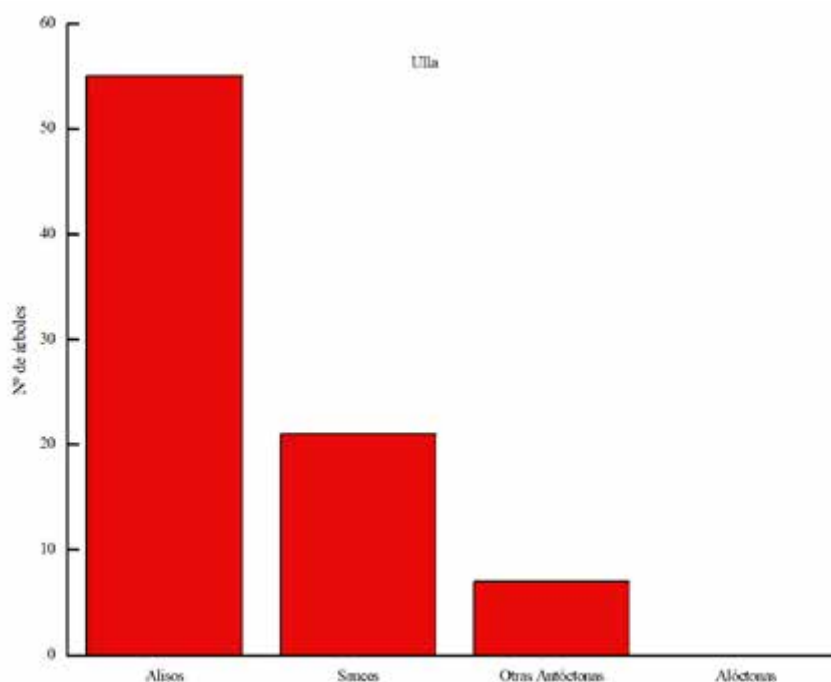


Figura 5. Distribución del número de árboles podados en la cuenca del Ulla entre noviembre de 2018 y abril de 2019.

Los pinos secos que se registraron fueron solamente 4 ejemplares: 3 de ellos en el municipio de Silleda y el otro en Lalín. En principio, no podemos descartar como causa de su muerte que estos ejemplares estuvieran afectados por el nematodo bursafelencio (*Bursaphelenchus xylophilus* Nickle), aunque esta enfermedad se haya introducido en la provincia desde Portugal.

Las amenazas principales que se han detectado para los bosques ripícolas son las construcciones dentro de la zona de servidumbre (Fotografía 1) y las actuaciones con maquinaria pesada dentro del cauce (Fotografía 2). En bastantes ocasiones las riberas se canalizan de manera inadecuada, sin taludes ni vegetación acompañante (Fotografías 3 y 4) y también es frecuente la ocultación de tramos del cauce (Fotografía 5).

Otras amenazas son el excesivo pastoreo que provoca el derrumbe de las orillas cuando el ganado se acerca a beber (Fotografía 6); las plantaciones de alóctonas de rápido crecimiento (Fotografía 7) y las cortas abusivas que llegan a dejar tocones desprovistos de ramas (Fotografía 8).

De menor importancia detectamos la amenaza que representan los cierres de las parcelas que lindan con la zona de servidumbre, la cual se debe siempre dejar expedita para no impedir el paso de pescadores y viandantes (Fotografía 9). Es fácil comprender que por intereses particulares o industriales se trate de impedir el paso por estas parcelas. Sin embargo hay que recordar la necesidad de que la zona de servidumbre a ambos lados del cauce pueda ser recorrida toda a pie desde el nacimiento del río hasta su desembocadura.

El definir qué cantidad de masa arbórea hay que dejar sin talar, al margen de las talas ilegales, es un problema que depende del personal que inspecciona las talas. El agente inspector encargado tendrá en muchos casos que imaginarse la zona del río de que se trate con más o menos árboles, bien con muchos que harían impracticable el paso por las riberas o bien con ninguno y, luego decidir un punto de equilibrio en el cual deberá conservarse la vegetación. Sería un buen criterio objetivo el que se mantuviese al menos el contacto entre las copas de los árboles, pero esto no siempre es posible, pues lo más frecuente es encontrarse con tramos de ríos en que todos los árboles han sido talados.

Por otra parte, todavía se conservan márgenes de ríos bien estructurados y poblados para poder seguir contando con ciertos modelos de referencia (Fotografías 10, 11 y 12). En estos casos, las riberas aparecen bien pobladas con especies propias autóctonas del ecosistema, el agua circula libremente y existen áreas de refugio y alimento para las aves y para las especies piscícolas.

Otro aspecto controvertido de las talas ripícolas es cuando se trata de talas de árboles que crecen en forma de cepa como los alisos y los sauces, pues de cada cepa suelen surgir varios pies, cada uno de los cuales se puede considerar un árbol. No es fácil saber cuándo se trata de un único tocón o de si son varios, pero en cualquier caso, lo interesante es por ejemplo, dejar de cada cepa de 5 pies al menos los 2 que estén mejor formados y que tengan mejor aspecto. En estos casos puede seguirse el criterio más aceptado de considerar que todos los pies de una misma cepa son considerados árboles, excepto cuando se trate de ramas, de varas o de brotes delgados. Lo que debe prevalecer en todo caso, es la medida del diámetro de cada pie.

## Conclusiones

---

Los resultados de este trabajo pueden considerarse como una aportación preliminar al conocimiento real de la situación de las talas ripícolas, ya que es preciso tener en cuenta los datos provenientes de otros organismos que en muchos casos los consideran tratamientos menores de la vegetación. Existe además la limitación del período analizado y la exactitud del volumen estimado de madera.

La mayoría de las talas ripícolas afectan a alisos y a sauces sanos que son susceptibles de un aprovechamiento e interés comercial, siendo la cuenca del Ulla donde se registra la mayor actividad. Estas especies las podemos considerar dominantes del ecosistema.

Las especies alóctonas representan un pequeño porcentaje del 7% en el conjunto de las cuencas estudiadas y la mayor abundancia se registró en las cuencas fluviales del Lerez, del Verdugo y del Lagares que son las de menor extensión. El tratamiento principal para estas especies son las talas ya que se descartan los tratamientos de poda con el fin de eliminarlas.

Las especies alóctonas siempre es conveniente talarlas ya que representan una alteración del ecosistema. Podrán incluso talararse a ras del suelo y tratando después los tocones con alguna sustancia química para que no rebroten. Sería el caso de los pinos, acacias y eucaliptos.

La incidencia de posibles enfermedades en la vegetación ripícola es todavía incipiente ya que solamente se detectaron talas de alisos secos en un porcentaje del 6%. Se han registrado también 4 saúcos secos en el municipio de Lalín. Los pinos secos que se registraron fueron solamente 4 ejemplares: 3 de ellos en el municipio de Silleda y el otro en Lalín.

Existe una necesidad cada día más apremiante de repoblar las márgenes que han sido objeto de talas no autorizadas e incluso llevar a cabo algún tipo de repoblación cuando se hayan autorizado. Las especies más recomendadas son los alisos, sauces, abedules, y avellanos, junto con laureles, saúcos y robles. Bajo este punto de vista los sauces son las especies que ofrecen mejor perspectiva para repoblar las márgenes de los ríos ya que enraízan sin dificultad por medio de estaquillado.

También sería necesario definir y acometer otras actuaciones para recuperar los cauces fluviales y sus zonas de servidumbre, comenzando por ríos piloto para luego ampliar la red de actuaciones a todos los ríos de la provincia. Además se hace necesario regular los aprovechamientos y las actuaciones en relación con las personas propietarias de las parcelas lindantes con el río. No debemos olvidar que aunque la propiedad puede llegar hasta la ribera del río, los usos y disfrutes de esas riberas por parte de los propietarios están sujetos a la servidumbre de paso, lo que les obliga a conservarlas, mantenerlas limpias y repobladas de manera conveniente.

Se recomienda seguir estudiando e investigando las cuencas fluviales desde el punto de vista de la conservación de su vegetación ripícola que es fundamental para el sustento del ecosistema y, también se recomienda incrementar las actuaciones para mejorar la protección de los bosques ripícolas.

### **Agradecimientos**

---

Al personal del Servicio Provincial de Patrimonio Natural de Pontevedra que inspeccionó las talas en la zona de servidumbre de los ríos y a Teresa Paseiro que aportó la cartografía de las cuencas fluviales.

### **Referencias**

---

Adena WWF. 1989. El libro rojo de los bosques españoles. Unigraf, SA. Madrid.

Álvarez X, Saco I, Abilleira F, Ucha M, Fernández B. 2014. Conservación y restauración del bosque de ribera. Un caso de estudio de los ríos de Galicia, Pontevedra. Universidad de Vigo.

Blanco E. 2011. Etnobotánica de las riberas, importancia cultural. Manual de desarrollo sostenible núm 10. Recuperación de riberas. Fundación Banco de Santander.

Consellería de Medio Ambiente & Tragsatec. 2012. Plan de ordenación cinegética na zona de réxime cinexético común do Condado.

## Anexo fotográfico



Fotografía 1. Edificación que está invadiendo la zona de servidumbre.



Fotografía 2. Maquinaria pesada actuando dentro del cauce fluvial.



Fotografía 3. Canalización excesiva en la desembocadura del río.



Fotografía 4. Canalización excesiva en la zona industrial.



Fotografía 5. Ocultación del cauce del río.



Fotografía 6. Desvío del curso fluvial debido al pastoreo indebido.



Fotografía 7. Repoblación de alóctonas en las orillas del embalse.



Fotografía 8. Corta abusiva en el cruce de línea eléctrica con río.



Fotografía 9. Cierre impidiendo el paso por la zona de servidumbre.



Fotografía 10. Alisos del río Almofrei, afluente del Lérez.



Fotografía 11. Vegetación ripícola del río Cereixo, afluente del Miño.



Fotografía 12. Robles del río Umia.

## INFLUENCIA DEL PATRÓN SOBRE LA SEVERIDAD DE LAS INFECCIONES POR *Lasiodiplodia theobromae* ((Pat.) Griffon & Maubl.) EN AGUACATE (*Persea americana* Mill.) VAR. HASO

Luis A. ALVAREZ<sup>1</sup>, Miguel A. AQUIJE GARCIA<sup>1</sup>, Juan L. TEJADA HINOJOZA<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica, Perú.

<sup>2</sup> Misión Biológica de Galicia (MBG), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Pontevedra, España.

\*jltejada@mbg.csic.es

Recibido: 05-10-2019

Aceptado: 04-11-2019

Publicado on-line: 31-12-2019

### Resumen

En la actualidad, el aguacate o palto (*Persea americana* Mill.) constituye uno de los cultivos más importantes en Ica (Perú), encontrándose en plena extensión y crecimiento las áreas de siembra de la frontera agrícola, considerándosele como uno de los principales productos que se exporta por su gran valor alimenticio. Existen diversos factores limitantes que inciden en la disminución del potencial de rendimiento del cultivo, como las enfermedades originadas por hongos, pseudohongos, etc., razón para justificar el uso de variedades y patrones tolerantes y/o resistentes a enfermedades y así, hacer una reducción de plaguicidas tóxicos para el consumo de ser humano y contribuir con la reducción de la contaminación ambiental. En el mundo, la variedad Hass es la más conocida, por su excelente sabor, gran aprovechamiento de la pulpa y buen comportamiento post cosecha. Es la que cubre mayor superficie sembrada y para incrementarla se está haciendo uso de la mejor tecnológica, especialmente en lo referente a riego presurizado y material de propagación de alta calidad libre de virus y enfermedades, pues un control sanitario y libre de residuos de pesticidas, nos permite la apertura de mercado. En el presente trabajo se constató la hipótesis de partida, que indica que el patrón influye en proporcionar tolerancia a las infecciones por el patógeno en la variedad, identificando el comportamiento de los patrones de palto sobre la var. Hass, en relación a las infecciones producidas por el hongo de la “muerte regresiva”, ó “cancrosis” del palto”, *Lasiodiplodia theobromae*. Estadísticamente, los patrones que indujeron a una mayor tolerancia a las infecciones por *L. theobromae* fueron: Duke, Zerefin y West Indian, sin diferencias significativas entre tratamientos.

### Abstract

Currently, the avocado (*Persea americana* Mill.) is one of the most important crops in the Ica region (Peru), being considered as one of the main products that are exported for its great nutritional value. There are several limiting factors that affect the decrease in crop yield potential, such as fungal diseases, pseudo-fungi, etc., reasons to justify the use of tolerant and / or disease-resistant varieties and thus reduce of pesticides for human consumption and contribute to the reduction of environmental pollution. In the world, the Hass variety is the best known, for its excellent flavor, great use of the pulp and good post harvest behavior. This variety covers the largest area planted and to increase it, the best technology is being used, especially in regard

to pressurized irrigation and high quality propagation material free of viruses and diseases, as a sanitary control and free of pesticide residues. In the present work, the initial hypothesis was confirmed, which indicates that the pattern influences in providing tolerance to pathogen infections in the variety, identifying the behavior of avocado patterns on var. Hass, in relation to infections caused by the fungus of “regressive death”, or “cancrosis” of the avocado, *Lasiodiplodia theobromae*. Statistically, the patterns that induced greater tolerance to *L. theobromae* infections were: Duke, Zerefin and West Indian, with no significant differences between treatments.

## Introducción

Perú es actualmente el segundo exportador mundial de aguacate var. Hass. El área cultivada de aguacate Hass en el Perú ascendió a 31000 ha al cierre del 2018 y se incrementarán hasta las 33000 ha en el 2019 (Prohass Perú, 2019). Los dos principales cultivares en el ámbito mundial: “Hass” y “Fuerte” son los más cultivados hasta el momento. Ambos cultivares se originaron como una selección de plantas francas. En la antigüedad algunos países, como USA (California), México, Israel y Sudáfrica, sus programas de mejoramiento genético liberaron cultivares que se asemejan a Hass (Lahav y Gazit, 1994).

Cadenas (2006) describe algunos de los patógenos más importantes del aguacate. La pudrición radicular del aguacate (*Phytophthora cinnamomi* Rand), la antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporoides* Penz y Sacc., la mancha solar del aguacate (Avocado Sun Blotch Viroid, ASBVd), la muerte descendente de las ramas y la pudrición del pedúnculo de los frutos causada por *Lasiodiplodia theobromae* (Pat) Griffon y Maubl., y otros fitopatógenos secundarios.

Uno de las principales factores limitantes en la producción en las diversas zonas agroecológicas de Perú, son las infecciones de la madera del aguacate, siendo la especie más importante asociada a las diferentes patologías *Lasiodiplodia theobromae* (Teleomorfo *Botryosphaeria rhodina*). El patógeno, una vez en el interior de la planta, avanza, daña la corteza y el tejido vascular. Las áreas afectadas son de color marrón rojizo, con un exudado blanco externo. La planta decae, se defolia, y sufre “muerte regresiva”. El hongo se disemina por el viento, agua, herramientas y equipo de trabajo, material infectado e insectos (Alvarez, 2016).

Alama et al. (2006) reportaron que en Piura (Perú) se ha observado una fuerte incidencia de lesiones o canchros en las ramas de palto con presencia de exudaciones blanquecinas y muerte regresiva que causaron alarma en los agricultores.

En España, García et al. (2017), también han reportado a este hongo *L. theobromae* el cual puede comportarse como patógeno, endófito o saprófito, principalmente de plantas leñosas y concretamente en aguacate pudiendo causar los siguientes síntomas: muerte regresiva, muerte descendente o necrosis descendente de las ramas (dieback), chancro o cancro de las ramas (branch canker) y pudrición del fruto o pudrición del pedúnculo del fruto (stem end rot y fruit spots). Este hongo es muy común en las zonas de clima templado y tropical. Actualmente se está estudiando su presencia, distribución y prevalencia en los cultivos de aguacate de Canarias.

En Sudáfrica, la pudrición final del fruto fue reportada por Jacobs (1974), quien creía que era este el principal problema en la fruta irradiada y por Gorter (1977), quien declaró que fue causada por *L. theobromae* (ex *Botryodiplodia theobromae* Pat.). En Australia las enfermedades de la pudrición final del pedúnculo en los frutos de aguacate son generalmente causadas por *Lasiodiplodia theobromae* (Peterson 1978). De la misma forma refuerzan y amplían esta teoría en Sudáfrica (Darvas et al 1987), en Costa de Marfil (Frossard 1964) y los EEUU (Ohr, H.D. 2003).

Es importante tomar las debidas precauciones para evitar la penetración del patógeno en las plantas de aguacate. Por lo tanto, las medidas de prevención se concentran en evitar o curar las heridas de los árboles, tanto como en la adecuada desinfección de las herramientas en el momento de la poda. En presencia del problema se hace necesario efectuar poda y labores de cirugía, eliminando tejidos afectados, que deben ser incinerados.

Los aminoácidos se usan en agricultura de forma extensiva para el manejo de estreses en plantas. Los resultados de este estudio evidencian que el uso de los aminoácidos de Fertimar (Promotor de defensa de las plantas) puede ser válido en el manejo de este hongo (*L. theobromae*) en palto, convirtiéndose por tanto en una alternativa al manejo de este tipo de infecciones (Álvarez, 2016).

Delgado (2016) hizo referencia a algunos fungicidas como los oxiclóruos, hidróxidos o sulfatos de cobre (500 mL/200L), Procloraz (250 mL/200L) y las Strobilurinas en su dosis respectiva. En canchros incipientes debe hacerse cirugía.

Se desconoce el comportamiento de los diferentes patrones de aguacate sobre los cuales se injerta la variedad de aguacate Hass. Los trabajos y estudios publicados sobre el comportamiento de los diferentes patrones y la variedad Hass y esta asociación infecciosa de *Lasiodiplodia theobromae* en Perú son escasos. Con este estudio de investigación se pretende contribuir al conocimiento y servir como punto de partida para futuras investigaciones en otras variedades de aguacate, por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento de los patrones de aguacate en conferir tolerancia a las infecciones de *Lasiodiplodia theobromae* en el aguacate var. Hass.

## Material y Métodos

El trabajo experimental se realizó en un invernadero de las instalaciones del Departamento de Sanidad Vegetal de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” (Ica, Perú). Las condiciones de estuvieron entre 24 - 28 °C de temperatura y 60 - 70% de humedad relativa.

Se ha obtenido información de los meses que han correspondido al desarrollo vegetativo de la plantación, que se inició en plantas con 1 año de edad, en el mes de mayo de 2018 y culminó en febrero de 2019. Los datos de temperatura media mensual (18,2 – 21,2 °C), las horas de luz (5,5 – 8,6 h/día) y humedad relativa (65 – 80%) proceden de la Estación Meteorológica Tacama (Ica – Perú).

## Metodología de la aplicación de los tratamientos

### Diseño de la investigación

El diseño experimental que se utilizó en el presente experimento fue el de Bloque Completamente Randomizado (DBCR), con 7 tratamientos y 4 repeticiones, haciendo un total de 28 unidades experimentales. T0 = Hass / Hass (Testigo); T1 = Duke / Hass; T2 = Ashdot Zeferin / Hass; T3 = Zutano / Hass; T4 = Degania 117 / Hass; T5 = West Indian / Hass y T6 = Topa Topa / Hass.

### Proceso de inoculación de plantas

La corteza de la zona de inoculación de la variedad se desinfectó superficialmente con alcohol etílico al 96°. De esta zona se extrajo un disco de corteza mediante un sacabocados estéril de 8 mm de diámetro. En la herida se colocó en contacto directo con el cambium expuesto, un disco de PDA de similar diámetro colonizado con el micelio del aislado de *L. theobromae*, y la herida se tapó con el disco de corteza extraído. La zona de inoculación se humedeció con unas gotas de agua estéril, y se envolvió con una cinta de parafilm para proteger la zona inoculada de la desecación (figura 1). La obtención de un cultivo puro de *L. theobromae* fue en medio Papa Dextrosa Agar (PDA; Biokar Diagnostics) e incubado a 25 ° C en la oscuridad durante 5 días (Rego, 2019).

Se utilizaron plantas en maceta de aproximadamente 1 año de edad del cultivar Hass. Para las inoculaciones, se utilizó el aislado de *L. theobromae* 115 (aislado de una planta de aguacate procedente de Chíncha, Perú). En los ensayos se utilizó la variedad Hass injertada sobre los patrones listados en la tabla 1.

### Evaluación de resultados

Seis semanas después de la inoculación, se eliminó cuidadosamente la corteza de cada planta inoculada alrededor de la zona de la herida. El área de la lesión resultante se delineó sobre una lámina de plástico transparente, se transfirió a una hoja de papel en blanco, y se digitalizó (figura 2).

Mediante el programa Assess (American Phytopathological Society), se cuantificó el área de la lesión de cada tratamiento mediante el análisis de imagen. El tamaño del área de la herida de inoculación se sustrajo del área total obtenida para calcular el tamaño real de la lesión. Para confirmar que las lesiones eran causadas por *L. theobromae*, se hicieron siembras de los tejidos afectados en medio PDA de al menos dos plantas de cada tratamiento. Adicionalmente, se incluyeron los valores promedios del porcentaje de control de cada tratamiento. Este dato se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Control} = 100 - [(\text{Área de lesión} \times 100) / \text{Área de lesión del testigo}]$$

## Análisis estadístico

Los resultados se expresaron como área de lesión en cm<sup>2</sup> por tratamiento. Las áreas de lesión de los factores en estudio se sometieron a un análisis de la varianza (ANOVA), fijando el nivel de significación en  $P < 0,05$ . Dado que los valores registrados no tuvieron una distribución normal, se realizó una transformación de los datos originales a  $\sqrt{x}$  para estabilizar la varianza. Con estos valores se realizó un test de separación de medias utilizando el análisis de Fisher de la mínima diferencia significativa (LSD). El programa estadístico utilizado para los análisis fue SAS 9.0.

## Resultados y Discusión

Se exponen los resultados obtenidos de cada una de las características en estudio.

**Tabla 2. Área de lesión desarrollada por *L. theobromae* desarrollada en las distintas combinaciones patrón/injerto del estudio de la influencia del patrón sobre el área de lesión de la variedad injertada.**

| Factor                    | Valor de P w          |      |                |  |
|---------------------------|-----------------------|------|----------------|--|
|                           | Área de lesión en cm2 |      |                |  |
| Efectos principales       |                       |      |                |  |
| Tratamiento               | <0,0001 (**)          |      |                |  |
|                           |                       |      |                |  |
| Tratamientos              | Área de lesión (cm2)  |      |                |  |
| T0. Hass / Hass (Testigo) | 11,4x                 | 3,5y | A <sup>z</sup> |  |
| T1. Duke / Hass           | 4,1                   | 2,3  | B              |  |
| T2. Ashdot Zeferin / Hass | 3,5                   | 2,1  | B              |  |
| T3. Zutano / Hass         | 9,3                   | 3,0  | A              |  |
| T4. Degania 117 / Hass    | 9,9                   | 3,1  | A              |  |
| T5. West Indian / Hass    | 3,5                   | 1,9  | B              |  |
| T6. Topa Topa / Hass      | 9,3                   | 3,0  | A              |  |
| Promedio                  | 7,3                   | 2,7  |                |  |
| Coef. Variabilidad        | 19,2%                 |      |                |  |

(\*\*) Alta significación, (NS) No existe significación. <sup>x</sup> Cada dato es media de 10 valores (plantas), y hace referencia al área de lesión en cm<sup>2</sup> desarrolladas a partir de la zona de inoculación por infecciones por *Lasiodiplodia theobromae*; <sup>y</sup> datos originales convertidos a  $\sqrt{x} + 1$ , <sup>z</sup> Números en columnas seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de LSD (ver Fig. 3a, 3b, 3c, 3d, 3e y 3f).

Se ha descrito que el patrón es el pie de la planta sobre la que se realiza el injerto y que nos proporciona ciertas características deseables como: vigor, tolerancia a sales, caliza, pseudo-hongos, hongos de suelo, etc., mientras que el injerto determina la variedad de la fruta (Silva et al. 2002, Arpaia et al. 2002).

La pudrición por *L. theobromae*, se presenta en la unión del injerto, como una necrosis de color café que generalmente avanza en forma descendente y compromete el patrón e impide el paso del agua y nutrientes, por lo cual la copa muere posteriormente. Cuando el hongo no afecta la unión del injerto, causa necrosis de raíces, retraso en el desarrollo, amarillamiento, marchitez y muerte de arbolitos en condiciones de almacigo (Tamayo 2007).

En un ensayo de larga duración en aguacate con la variedad Hass se demostró tener mayor productividad que el Topa-Topa y es el más utilizado en Nueva Zelanda y Perú (Hermoso et al. 2003). Guirado et al. (2009) realizaron una comparación de portainjertos de aguacate Hass en la que se hicieron observaciones durante los primeros 7 años, describiendo algunos patrones de aguacate.

### Conclusiones

Sobre la base de los resultados obtenidos en la evaluación de cada una de las características valoradas de las plantas de aguacate y a la interpretación de dichos resultados llegamos a las siguientes conclusiones:

1. La metodología utilizada de inoculación permite reproducir los síntomas que se observan en campo por las infecciones ocasionadas por *L. theobromae*.
2. Se constató la hipótesis de partida, que indica que el patrón influye en proporcionarle a la variedad tolerancia a las infecciones por el patógeno.
3. Estadísticamente, los patrones que indujeron mayor tolerancia a las infecciones por *L. theobromae* fueron: Duke, Ashdot Zeferin y West Indian, sin diferencias significativas entre tratamientos.
4. Los patrones más sensibles a las infecciones por *L. theobromae*, en comparación con Hass, fueron Zutano, Degania 117 y Topa Topa, precisamente los patrones más utilizados en nuestras zonas productoras.

### Referencias

- Alama I, Maldonado E, Rodríguez-Gálvez E. 2006. *Lasiodiplodia theobromae* afectando el cultivo de aguacate (*Persea americana*) en las condiciones de Piura-Perú. Rev. Universal 11 (2): 4 – 13.
- Álvarez Bernaola, LA. 2016. Eficacia fungicida en el control de *Lasiodiplodia theobromae* en plantas de aguacate (*Persea americana*) con el uso del bioestimulante a base de algas marinas Fertimar. Actas Proceedings plagas y enfermedades, plagues and diseases: 135 – 140.
- Aroca A, Raposo R, Gramaje D, Armengol J, Martos S, Luque J. 2008. First report of *Lasiodiplodia theobromae* on rootstocks mother grapevines in Spain. Plant Dis. 92:832.
- Arpaia ML, Bender GS, Menge FGL, Shepherd JAJ, Smothers VW. 2002. Avocado production in California a cultural handbook for growers. Second Edition. Planting Book 1 Chapter 6 – 71.
- Barrientos-Priego, AF. 2017. Presente y futuro de los portainjertos y variedades de aguacate en el mundo y

México. Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate. 04 - 07 de septiembre 2017. Ciudad Guzmán, Jalisco, México.

Bergh B, Ellstrand N. 1986. Taxonomy of the avocado California. Avocado Society Yearbook 70: 135-146. Department of Botany and Plant Sciences, University of California, Riverside, USA.

Boletín Técnico N° 01. 2014. Control de plagas y enfermedades de importancia económica en el cultivo de aguacate. Gobierno Regional de Ica. Agencia Agraria Ica.

Cadenas GC. 2006. Fitopatógenos que afectan palta Hass y Fuerte en Luricocha y Huanta en: Anales Científicos. UNALM 68(1), 2007. . Lima, Perú.

Delgado J, Martín 2016. Manejo integrado de enfermedades en Palto. En: III Seminario Internacional del cultivo del Aguacate (Palto) en Trujillo, Perú (no publicado)

García PO, Perera GS, Rodríguez PA, Siverio F. 2017. Enfermedades del aguacate causadas por especies de hongos de la familia Botryosphaeriaceae. Departamento de Protección Vegetal. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA), Actas Proceedings 13 p. Canarias, España.

Guirado E, Hermoso JM, Farré JM. 2009. Comparación de portainjertos de aguacate Hass. Observaciones durante los primeros 7 años. En: Recursos genéticos y manejo de viveros, pp 75 – 81.

Hermoso JM, Soria JT, López JC, Farré JM. 2003a. Comportamiento a largo plazo de los cvs Fuerte y Hass sobre los portainjertos Lula y Topa Topa en suelo pizarroso. Actas V Congreso Mundial del Aguacate Vol. 1: 161-165..

Jacobs CJ. 1974 Probleme by koelopberging van avokado's. The Citrus and Subtropical Fruit J. 16-21.

Lahav F, Gazit S. 1994. World of avocado cultivation according to flowering type. Fruits 49: 299–313.

Meah MB, Plumbley RA, Jeger MJ. 1991. Growth and infectivity of *Botryodiplodia theobromae* causing stem-end rot of mango. Mycol. Res. 95:405-408.

Or HD, Arca MD, McMillan Jr RT. 2003. Enfermedades del aguacate (*Persea americana* Miller). <http://www.apsnet.org/online/common/names/avocado.asp>

Portal Agrario Regional de Ica 2017. Avance de la campaña agrícola 2017-2018.

Prohass, Perú. 2019. World avocado data. [avocadosource.com](http://avocadosource.com)

Punithalingam E. 1980. Plant diseases attributed to *Botryodiplodia theobromae* Pat. J. Cramer, Vaduz. Biblio. Mycol. 71: 1-123.

Rego TJS, Elena G, Correia KC, Tovar-Pedraza JM, Camara MPS, Armengol J, Michereff, SJ, Berbegal, M. 2019. Genetic diversity and population structure of *Lasiodiplodia theobromae* from different hosts in northeastern Brazil and Mexico. British Society for Plant Pathology 68 (5): 930-938.

Silva D, Lovatt C, Bergh BO. 2002. Avocados. En: California Master Gardener Handbook. Pittenger DR (ed.), chapter 19, Pub. 3382. University of California Agriculture and Natural Sciences Communication Services, Oakland, USA.

Tamayo Molano PJ. 2007. Enfermedades del aguacate. Agrícola del Centro de Investigación -La Selva- de Corpoica. Rev. Politécnica 4: 51-70.

Tovar PJM, Mora AJ, Nava Díaz C, Téliz OD, Villegas MA, Leyva MSG. 2013. Control de *Lasiodiplodia theobromae*, agente causal de la muerte descendente de injertos de Zapote Mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore y Stearn] en México. Rev. Fitotec. Mex. 36 (3): 233 – 238.

## Enlaces:

<C:\Users\Juan\Downloads\>

<https://static.plenummedia.com/40767/.../20100324224549-patrones-de-aguacates>

<https://static.plenummedia.com/40767/.../20100324224549-patrones-de-aguacates>.

[www.viverosgrajera.com](http://www.viverosgrajera.com) Portainjerto de la planta de aguacate de la variedad zutano.

[www.senasa.gob.pe/senasacontigo@senasa.gob.pe](http://www.senasa.gob.pe/senasacontigo@senasa.gob.pe)

<https://www.senasa.gob.pe/.../ica-senasa>

## Figuras de Material y métodos



Figura 1. Proceso de inoculación de plantas de aguacate con *L. theobromae* en invernadero. Inoculaciones en la zona del patrón y de la variedad de plantas de aguacate.



Figura 2. Procedimiento para la evaluación del área de la lesión a - b. Área de la lesión en plantas de aguacate. b. Área de las lesiones sobre papel, c. Programa de procesamiento de imágenes digitales.

## Figuras de Resultados



Figura 3a. Área de lesión registrada en inoculaciones en la zona de la variedad (en flechas) en el tratamiento Testigo. Figura 3b. Nótese el brote foliar afectado por el avance de la lesión e inicios de esporulación. Figura 3c. Área de lesión registrada en inoculaciones en la zona de la variedad: T3. Figura 3d. Nótese el avance de las lesiones a partir del punto de inoculación T4. Figura 3e y 3f. Área de lesión registrada en inoculaciones en la zona de la variedad: T2. Figura 3f Nótese el avance de las lesiones a partir del punto de inoculación T3 (en flechas).

## Anexo: Material vegetal

- **Variedad Zutano**, es una variedad híbrida (patrón) de las razas mexicanas y guatemaltecas. Fue seleccionado en California en el año 1926 por W. L. Ruitt. Tiene un porte erecto y vigoroso. Su semilla es de mediana a grande. Es bastante tolerante al frío, llegando incluso a soportar temperaturas próximas a  $-3^{\circ}\text{C}$  durante periodos cortos de tiempo. Tiene una tolerancia media a la pudrición de raíces provocada por *Phytophthora*. Tiene mayor resistencia a salinidad que los patrones de origen mexicano (Topa-Topa, Mexicola, etc.).
- **Variedad Topa Topa**, es un patrón de raza mexicana tiene como principal ventaja la resistencia al frío, se adapta a climas templados, puede cultivarse hasta los 2000 msnm. Como portainjerto transfiere gran productividad, alto contenido de aceite, la copa tiende a ser mediana y abierta. Es sensible a la salinidad.
- **Variedades Degania 117 y Ashdot Zeferin 99**, son patrones de raza antillana, se adapta a climas tropicales, puede cultivarse hasta los 1000 msnm. Como portainjerto es vigoroso, la copa tiende a ser alta y erecta. Presencia a tolerancia a la salinidad.

- **Variedad Toro Canyon**, proviene de un patrón mexicano sobreviviente de un área atacada por *Phytophthora cinnamomi*. Tiene alta tolerancia al frío y a la pudrición de raíz causada por *P. cinnamomi*. Es muy tolerante a la pudrición de cuello causada por *Phytophthora citricola*. Su tamaño moderado. Es más tolerante a sales que los patrones mexicanos de semilla.

## EL COMPOST COMO FUENTE DE MATERIA ORGÁNICA Y DE MICROORGANISMOS BENEFICIOSOS PARA LA AGRICULTURA

Germán TORTOSA\*; Eulogio J. BEDMAR

Departamento de Microbiología del Suelo y Sistemas Simbióticos. Estación Experimental del Zaidín (EEZ), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Granada, España.

\* german.tortosa@eez.csic.es

Recibido: 15-09-2019

Aceptado: 17-10-2019

Publicado on-line: 31-12-2019

### Resumen

El suelo es un recurso limitado, de vital importancia para el mantenimiento de la vida en nuestro planeta, continuamente amenazado por la contaminación medioambiental y el cambio climático. La materia orgánica del suelo es uno de los factores más importantes para su funcionamiento ya que influye en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. La materia orgánica engloba tanto a los compuestos carbonados como a la parte biológicamente activa, en especial los microorganismos, que están implicados en numerosos procesos que regulan los ciclos biogeoquímicos de los elementos esenciales como el carbono, el nitrógeno o el fósforo, de gran importancia para la nutrición de las plantas. En este trabajo se revisan los fundamentos biológicos del proceso de compostaje, una técnica microbiológica capaz de convertir los residuos orgánicos en materia orgánica de utilidad para el suelo. Además, se expone su importancia como fuente de microorganismos beneficiosos para las plantas, capaces de protegerlas frente al ataque de patógenos, e incluso de participar en su nutrición. Finalmente, también se mencionan las tendencias futuras en la investigación sobre el compost, en especial aquellas microbianas basadas en mejorar sus propiedades biológicas que permitan elaborar compost “a la carta”.

### Abstract

The soil is a non-renewable resource, which has a relevant role for the maintenance of life on our planet. Unfortunately, soils are continuously under stress, threatened by environmental pollution and climate change. Organic matter (OM) content is one of the most important soil component due to it improves its physical, chemical and biological properties. OM encompasses both carbon compounds and biologically active fraction, especially soil microorganisms, which are involved in the regulation of the biogeochemical cycles of the main plant nutrients such as carbon, nitrogen or phosphorus, among others. In this work, biological fundamentals of composting are reviewed. Composting is a useful and feasible microbial methodology for converting organic wastes into OM which can be use as organic fertilizer, growing media or soil organic amendment, respectively. Furthermore, the relevance of composts as a source of OM and plant-growth promoting microorganisms, which can protect plants against pathogens and participate in their nutrition, is also discussed. Finally, future trends in microbial research are mentioned, especially those which are based on improving the biological properties of composts.

## **La importancia de la materia orgánica.**

El suelo es un recurso limitado y no renovable, de gran importancia ecológica, que alberga cerca de una cuarta parte de la biodiversidad del planeta. Tiene un papel esencial en la regulación del clima al estar implicado en numerosos procesos esenciales para la vida como los ciclos del agua o el del CO<sub>2</sub>. Ello, sin contar que genera gran cantidad de servicios ecosistémicos, siendo su función más importante la de servir de sustento para las plantas y la producción de alimentos (Foley et al., 2005). A pesar de su importancia, el suelo está cada vez más amenazado por la contaminación y el cambio climático, en especial aquellos que están sometidos a un grave riesgo de desertificación como son los de la cuenca mediterránea (Puigdefábregas y Mendizabal, 1998).

Uno de los factores más importantes implicados en la fertilidad del suelo es la materia orgánica (MO), un grupo muy heterogéneo de compuestos de naturaleza carbonada procedentes de un elevado número de procesos biológicos que tienen lugar en el suelo (Stevenson, 1994). La MO está directamente relacionada con las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo al mejorar su estructura, porosidad y controlar su temperatura, incrementar su capacidad de cambio iónico, su capacidad tamponante, mejorar los procesos redox, y el desarrollo y establecimiento de una gran diversidad de organismos, tanto macro (plantas, insectos, lombrices, etc.) como microscópicos (bacteria, hongos, protozoos, etc.).

Desde el punto de vista biológico, la MO se fracciona en dos grandes bloques interconectados entre sí: la *MO no activa* y la *MO activa*. Dentro de la primera categoría, se encuentran los compuestos carbonados que provienen de la degradación biológica de materiales orgánicos, como los restos de plantas, hojarasca e incluso los organismos muertos del suelo. Entre estos compuestos destacan las *sustancias húmicas*, aquellas que provienen de la degradación de la MO original, con una estructura química muy compleja y heterogénea, que no permite determinar su origen inicial (Kononova, 1996). A su vez, dentro de éstas destacan los *ácidos húmicos* y *fúlvicos*, compuestos de naturaleza polifenólica y con gran actividad fertilizante (Figura 1). De hecho se las considera la fracción de la MO más activa desde el punto de vista de la fertilidad, y con gran presencia en el mercado de productos agroquímicos (Trevisan et al., 2010; Tortosa et al., 2014).

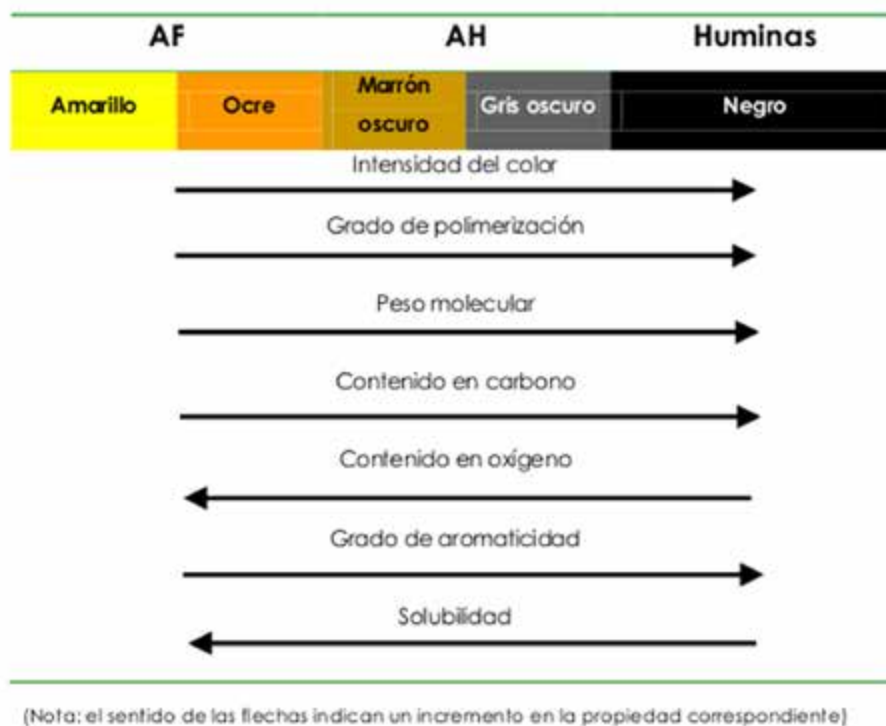


Figura 1. Aspecto y propiedades de las sustancias húmicas (Stevenson, 1994). Fotografía de Germán Tortosa.

La *MO activa* la componen los microorganismos del suelo, bacterias, actinomicetos y hongos, que son los que en gran medida transforman la MO exógena que llega al suelo, dando lugar a las *sustancias húmicas*. Los microorganismos tienen un papel esencial en los ciclos biogeoquímicos de los principales nutrientes del suelo como el C, N y P, entre otros. Algunos ejemplos son los hongos saprobios capaces de degradar la MO de los restos vegetales ricos en lignina y lignocelulosa. Entre ellos destacan los géneros *Phanerochaete*, *Phlebia*, *Trametes*, *Poria*, *Polyporus*, *Chaetomium*, *Paecilomyces* o *Fusarium*, ubicuos en todo tipo de suelos y presentes en restos de madera y troncos de árboles, así como en diversos ecosistemas acuáticos (Tuomela et al., 2000). Para el caso del N, destacan las bacterias que poseen la enzima nitrogenasa, capaz de transformar en condiciones limitantes de oxígeno el nitrógeno gaseoso ( $N_2$ ) en una forma asimilable por los seres vivos ( $NH_4^+$ ). La fijación biológica de  $N_2$  es un proceso esencial para la vida ya que, aunque es el componente mayoritario en la biosfera, no está bajo una forma asimilable (Olivares et al., 2013). Un caso a destacar es la simbiosis que forman las bacterias del orden Rhizobiales con plantas leguminosas como la soja, judía, alfalfa, garbanzo, etc., que se caracteriza por la formación en las raíces, de unos órganos especializados, los nódulos, que albergan los rizobios y donde se lleva a cabo la fijación de  $N_2$  (Bedmar et al., 2014) (Figura 2). A este sistema simbiótico se le conoce coloquialmente como *abonado verde*, y se usa habitualmente para recuperar la fertilidad de los suelos tras períodos de cultivo intensivo. Otro ejemplo paradigmático es el de los hongos micorrícicos, que forman simbiosis con prácticamente la totalidad de las especies vegetales. Su principal función es la de extender la superficie de acción de las raíces, favoreciendo la asimilación de agua y nutrientes por las plantas, en especial de fósforo (Barea et al., 2016; Parniske, 2008).



Figura 2. Nódulos de plantas de soja (*Glycine max* L.) inoculadas con la bacteria *Bradyrhizobium diazoefficiens* (fotografías de Germán Tortosa)

### **El compostaje como proceso microbiológico.**

Hoy en día nuestras sociedades generan una elevada cantidad de residuos orgánicos de diversa índole, procedentes de diferentes actividades económicas como la agrícola, la agroalimentaria o la de servicios (Bernal y Gondar, 2008). Estos residuos pueden generar un gran impacto ambiental, siendo fuente de contaminación y malestar para la ciudadanía. Además, deben estabilizarse biológicamente para reducir dicho impacto y poder convertirlos en un recurso como fuente de MO. En la actualidad existen varias metodologías para el tratamiento de los residuos orgánicos, siendo el compostaje la técnica más implantada y eficaz desde el punto de vista económico y tecnológico (Flotats y Solé, 2018), capaz de transformarlos en el compost, en una fuente de MO, nutrientes y *sustancias húmicas* para su uso en agricultura (Tortosa et al., 2012, 2014).

El compostaje es un proceso biológico por el cual la MO de los residuos orgánicos se transforma por la actividad de los microorganismos autóctonos de los propios residuos, que la utilizan para desarrollarse y crecer durante el proceso (Figura 3). Dicha transformación se caracteriza por producirse en condiciones aeróbicas, siendo por tanto, un proceso bioxidativo. Es fundamentalmente microbiológico, ya que la actividad metabólica microbiana produce una liberación de energía que se traduce en una subida de la temperatura del compost. Este comportamiento sirve además, como un método de higienización de los propios residuos debido a que se alcanzan temperaturas elevadas que sirven para eliminar de forma efectiva microorganismos patógenos como algunas especies de *Salmonella* y de *Escherichia*. La evolución de este parámetro a lo largo del compostaje sirve además, para definir las cuatro fases del proceso en función del tipo de microorganismos que allí se desarrollan: fase mesófila, esto es temperaturas entre la ambiente y 45 °C; fase termófila, entre 45 a 65-70 °C; fase de enfriamiento o segunda fase mesófila entre los 65-70 °C a 45 °C; y fase de maduración, que oscila de los 45 °C hasta la temperatura ambiente (Figura 4).



Figura 3. Microorganismos presentes en un compost de alperujo (fotografías de Germán Tortosa)

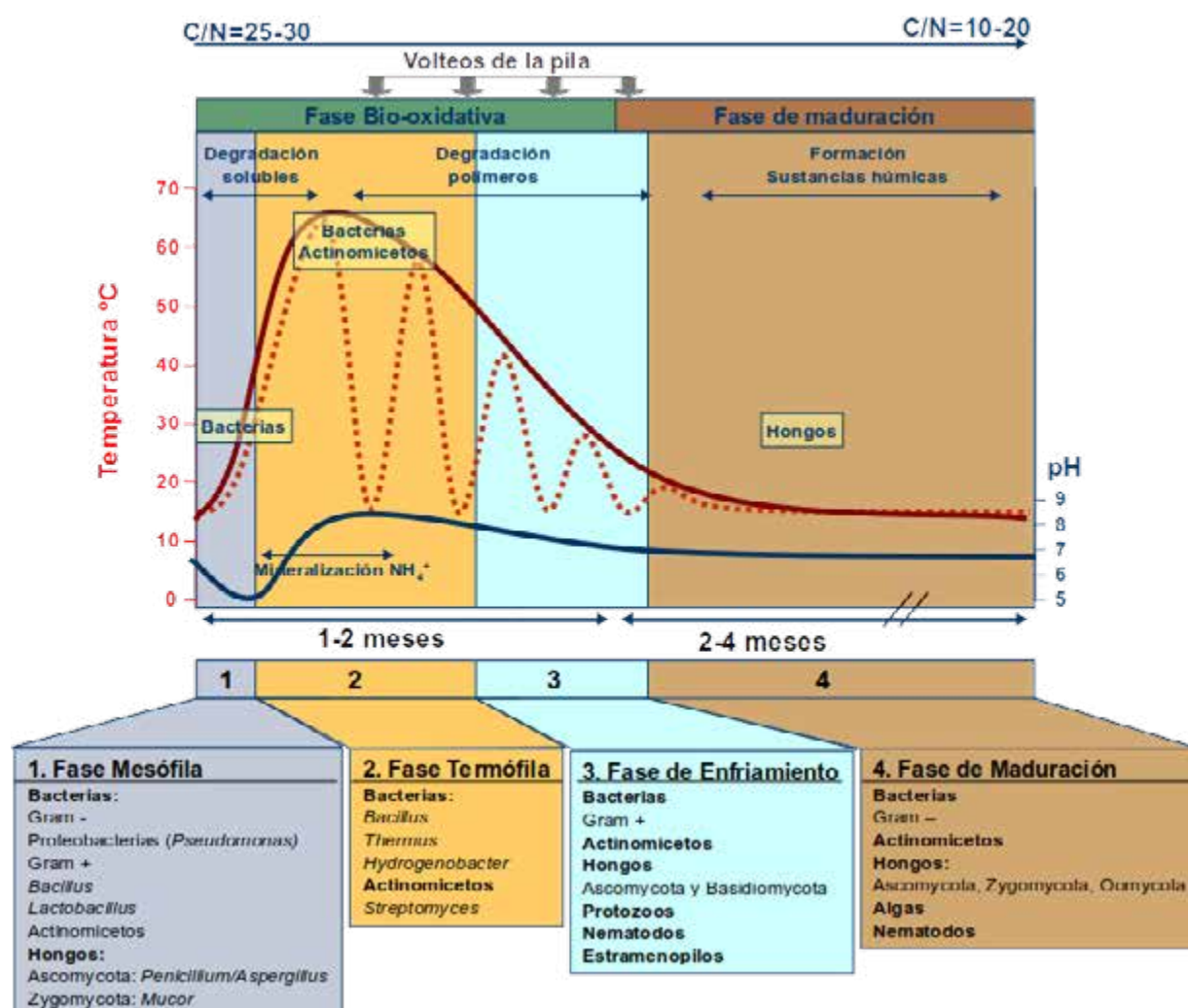


Figura 4. Representación esquemática del proceso de compostaje y su microbiología asociada (Moreno y Mormoneo, 2008). Figura cortesía de Joaquín Moreno y la editorial Mundi-Prensa.

La ecología microbiana del compostaje es muy compleja y depende en gran medida de la microbiota inicial presente en los residuos orgánicos a compostar, de las operaciones del proceso y de las condiciones ambientales en las que se desarrolla (Moreno y Mormoneo, 2008). Son numerosos los microorganismos, entre ellos bacterias, actinomicetos, hongos y levaduras, que se han detectado en compost de diversa procedencia, y estos varían a lo largo del tiempo junto a las condiciones ambientales o nutricionales de las propias pilas de compostaje. Algunos estudios han detectado la presencia de procariotas como *Achromobacter* sp., *Acidovorax* sp., *Arthrobacter* sp., *Azotobacter* sp., *Bacillus* sp., *Bacteroides* sp., *Brevibacillus* sp., *Caulobacter* sp., *Cellulomonas* sp., *Clostridium* sp., *Corynebacterium* sp., *Flavobacterium* sp., *Geobacillus* sp., *Klebsiella* sp., *Micrococcus* sp., *Nitrobacter* sp., *Paracoccus* sp., *Pseudomonas* sp., *Rhodococcus* sp., *Serratia* sp., *Sphingobacterium* sp., *Thermus* sp. y *Xanthobacter* sp., junto a eucariotas como *Acremonium* sp., *Actinomucor* sp., *Agaricus* sp., *Aspergillus* sp., *Botrytis* sp., *Candida* sp., *Chaetomium* sp., *Cladosporium* sp., *Coprinus* sp., *Doratomyces* sp., *Emericella* sp., *Eurotium* sp., *Fusarium* sp., *Macrosporium* sp., *Mortierella* sp., *Mucor* sp., *Penicillium* sp., *Rhizomucor* sp., *Rhodotorula* sp.,

*Thermomyces* sp. o *Trichoderma* sp. (de Bertoldi et al. 1983; Ryckeboer et al., 2003; López-González et al., 2015 a, b). Todos estos géneros son sólo una muestra representativa de la elevada complejidad del microbioma del compostaje, que hoy en día conocemos con más profundidad gracias a las técnicas de secuenciación masiva independientes de los métodos de cultivo (Neher et al., 2013; Tortosa y col., 2017, 2020). A pesar de dicha complejidad, algunos autores afirman que se puede estimar un patrón común en la diversidad microbiana del compostaje a lo largo del tiempo, ya que depende en gran medida de la evolución de la temperatura. Así, durante las primeras fases mesófila y termófila predomina la comunidad bacteriana, mientras que la fúngica y la perteneciente a los actinomicetos ganan importancia en los sustratos durante las fases de enfriamiento y maduración (Moreno y Mormoneo, 2008).

### **El compost como abono orgánico y biológico.**

El compost se define como un material rico en MO estable, libre de microorganismos patógenos y de sustancias fitotóxicas, con características húmicas y, que a su vez, es fuente de nutrientes esenciales para las plantas. El compost puede aplicarse al suelo fundamentalmente de tres formas distintas. La más importante, como *fertilizante orgánico* en agricultura, al ser fuente de carbono orgánico y otros nutrientes esenciales para las plantas (Moral y Muro, 2008). También como *sustrato de cultivo*, siendo un componente de la mezcla que aporta MO (Masaguer-Rodríguez et al., 2015), y como *enmendante* o mejorador de suelos degradados, facilitando el establecimiento de cobertura vegetal en lugares con problemas de desertificación, erosión o contaminación (Hernández Fernández et al., 2015).

El compost es un excelente material orgánico que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y, además, es un fertilizante fácil y barato de obtener, muy versátil en su elaboración ya que puede hacerse a partir de una gran variedad de residuos y otros materiales orgánicos. Es sencillo de adicionar al suelo y a los cultivos, y se puede aplicar en forma sólida o líquida, a la que se llama “té de compost”. La dosis como fertilizante depende de varios factores, entre ellos su contenido en metales pesados (Real Decreto 999/2017) o en N, que suele ser relativamente escaso, entre un 0,5 y 2,5% y de naturaleza orgánica. La legislación que regula la contaminación de aguas por nitratos procedentes de la actividad agrícola (Directiva Europea 91/676/CEE) limita la aportación al suelo a un máximo de 170 kg de N por hectárea y año, aunque en el caso del compost esta limitación puede ser mayor ya que el N del compost es fundamentalmente orgánico. Para que sea asimilable por la planta debe mineralizarse previamente, siendo la tasa de transformación del 20 al 30% por año, dependiendo del tipo de suelo y cultivo (Moral y Muro, 2008). El compost es un fertilizante de acción lenta, que proporciona N, carbono orgánico y otros nutrientes de forma pausada pero continuada. En la Tabla 1 se muestran algunas recomendaciones sobre las dosis de compost a aplicar a un suelo en función del tipo de cultivo.

**Tabla 1. Período de aplicación y dosis recomendadas de compost según el cultivo (Junta de Andalucía, 2015).**

| CULTIVO                                                         | PERIODO DE APLICACIÓN                                                                                                                    | DOSIS RECOMENDADAS<br>(t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Suelos sin cultivo                                              | Todo el año                                                                                                                              | 50-100                                                        |
| Cereales de otoño-invierno                                      | Antes de la siembra. Aplicar en cobertura                                                                                                | 3-10                                                          |
| Cereales de primavera                                           | Antes de la siembra. Aplicar en cobertura.<br>Después de la cosecha para preparar el suelo para la siguiente siembra                     | 3-10                                                          |
| Cultivos industriales                                           | Antes de la siembra. Aplicar en cobertura.<br>Después de la cosecha para preparar el suelo para la siguiente siembra                     | 03/10/20                                                      |
| Cultivos forrajeros y praderas con más de seis meses sin pastar | Desde la siembra hasta la recolección (forraje ensilado)<br>Durante 15-30 días entre aplicación y entrada de ganado (forraje para pasto) | 25-40                                                         |
| Hortícolas y hortalizas                                         | Un mes antes de la siembra hasta la recolección                                                                                          | 15-30 (en campo)<br>3-10 (en invernadero)                     |
| Frutales                                                        | Durante la parada vegetativa hasta la salida invernal                                                                                    | 30-60                                                         |
| Cítricos                                                        | Durante la parada vegetativa hasta la salida invernal y cuajado de fruto                                                                 | 6-10                                                          |
| Plantaciones leñosas                                            | Durante la parada vegetativa hasta quince días antes de la salida de invierno.                                                           | 04/10/20                                                      |

El compost, además de ser un material muy interesante para su uso como *fertilizante orgánico*, también lo es como fuente de *microorganismos beneficiosos* para los suelos y las plantas, siendo esto de gran interés para el desarrollo de una agricultura sostenible. Como hemos mencionado, el compost es un material orgánico que proviene de una transformación biológica de residuos orgánicos, con una presencia microbiana remanente muy importante y característica. Entre los microorganismos presentes de interés agronómico, destacan aquellos que son capaces de controlar la acción de patógenos vegetales como *Fusarium* spp., *Phytophthora* spp., *Rhizoctonia solani* o *Verticillium* spp., entre otros. Y es que se ha descrito que el compost contiene microorganismos capaces de ejercer un control biológico de plagas o con capacidad de inducir resistencia sistémica o adquirida por las plantas. Algunos de ellos son las bacterias *Bacillus* spp., *Enterobacter* spp., *Flavobacterium* spp. y *Pseudomonas* spp., el actinomiceto *Streptomyces* spp., y los hongos *Trichoderma* spp. y *Gliocladium virens* (Vargas-García y Suárez-Estrella, 2008). Aunque no están muy claros cuales son los mecanismos por los que este fenómeno ocurre, se piensa que en parte se debe a una doble

componente, tanto química como biológica (Pascual-Valero et al., 2015). La presencia de compuestos como el ácido salicílico, algunos antibióticos, la secreción de sideróforos, la competencia de los microorganismos por la disponibilidad de nutrientes o por el espacio, la producción de compuestos volátiles estimuladores o tóxicos, los cambios de las propiedades físicas del sustrato de cultivo y la presencia de determinados microorganismos pueden favorecer la inducción de algunos genes de resistencia en las plantas (Trillas-Gay et al., 2014).

Existen evidencias científicas que confirman que el compost tiene ciertas características que pueden ayudar a las plantas frente al ataque de patógenos. Y esto se manifiesta tanto en su formato sólido, el compost, como también en su formato líquido, el “té de compost”. De hecho, este extracto acuoso empezó a estudiarse a finales del siglo pasado como una alternativa sostenible al empleo de productos fitosanitarios de síntesis industrial (Scheuerell y Mahaffee, 2002). La presencia en estos líquidos de sustancias bioestimulantes como los ácidos húmicos y fúlvicos, nutrientes, MO, fitohormonas como las giberelinas, citoquininas, auxinas y sus precursores, y microorganismos diversos hace que su aplicación sea capaz de estimular la germinación de las semillas, el crecimiento de las plantas y mejorar el rendimiento agrícola (St. Martin y Brathwaite, 2012). De hecho, los “tés de compost” han dado muy buenos resultados contra patógenos como *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae*, *Cylindrocladium spathiphylli*, *Phytophthora cinamomi* y *Sclerotinia minor* en cultivos de tomate, pepino, rábano y judía (St. Martin y Brathwaite, 2012).

Pero el compost no solo posee una microbiota capaz de controlar a los patógenos vegetales, sino que también es fuente de microorganismos promotores del crecimiento vegetal. Algunos estudios han confirmado que el compost puede utilizarse como alternativa a la turba y que contiene tanto bacterias como *Ensifer fredii* y *Bradyrhizobium japonicum* que fijan el N<sub>2</sub> en simbiosis con leguminosas (Albareda et al., 2008; Kostov y Lynch, 1998), como bacterias diazotróficas que fijan en vida libre (Pepe et al., 2013).

## Conclusiones.

El compostaje es una técnica biológica versátil y eficaz, que permite transformar residuos orgánicos en una MO a la que se conoce como compost, que puede emplearse para mejorar y/o mantener las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Tradicionalmente, este efecto beneficioso se le ha atribuido solo a la componente no activa de la MO, como las *sustancias húmicas*, pero en los últimos años cada vez más trabajos científicos confirman que la componente activa o microbiana del compost es fundamental en las interacciones beneficiosas entre las plantas, el suelo y su ambiente. Es por esto que las tendencias actuales del estudio de las propiedades biológicas del compost se centran en descubrir y conocer los procesos microbianos que suceden durante el proceso de compostaje, y de cómo se pueden modificar o adaptar para obtener compost con propiedades biológicas mejoradas o con características “a la carta” en función de su uso. Un ejemplo de esto es la producción de compost enriquecidos en *Trichoderma harzianum* T78, que mejora su capacidad supresiva, bioestimulante y fertilizante (Pascual et al., 2017).

## Bibliografía

Albareda M, Rodríguez-Navarro DN, Camacho M, Temprano FJ. 2008. Alternatives to peat as a carrier for rhizobia inoculants: Solid and liquid formulations. *Soil Biology & Biochemistry*, 40: 2771–2779

Barea JM, Pozo MJ, Azcón-Aguilar C. 2016. Significado y aplicación de las micorrizas en agricultura. *Agricultura*, 999: 866-871

Bedmar EJ, Correa-Galeote D, Ramírez-Bahena MH, Velázquez E, Peix A. 2014. Asociaciones de las leguminosas con bacterias. *MOL*, 13: 36-50.

Bernal MP, Gondar DM. 2008. Producción y gestión de los residuos orgánicos: situación actual a nivel mundial, comunitario y estatal. En: Editores científicos: Joaquín Moreno Casco y Raúl Moral Herrero, *Compostaje*, 9-41. Ediciones Mundi-Prensa, 1ª Edición, Madrid, España

de Bertoldi M, Vallini G, Pera A. 1983. The biology of composting: a review. *Waste Management and Research*, 1 (2): 157-176

Directiva [91/676/CEE](#) del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=LEGISSUM%3A128013>

Flotats X, Solé F. 2008. Situación actual en el tratamiento de los residuos orgánicos: aspectos científicos, económicos y legislativos. En: Editores científicos: Joaquín Moreno Casco y Raúl Moral Herrero, *Compostaje*, 45-74. Ediciones Mundi-Prensa, 1ª Edición, Madrid, España

Foley JA, DeFries R, Asner GP, Barford C, Bonan G, Carpenter SR, Chapin FS, Coe MT, Daily GC, Gibbs HK, Helkowski JH, Holloway T, Howard EA, Kucharik CJ, Monfreda C, Patz JA, Prentice IC, Ramankutty N, Snyder PK. 2005. Global consequences of land use. *Science*, 309 (5734): 570-574

Hernández-Fernández MT, García-Izquierdo C, Ingelmo-Sánchez F, Bernal-Calderón MP, Clemente-Carrillo R, Cabrera-Capitán FdC, Madejón-Rodríguez EM, Cabrera-Mesa A, Cox-Meana L. 2015. De Residuo a Recurso: El Camino hacia la Sostenibilidad. III Recursos orgánicos: Aspectos agronómicos y medioambientales. Residuos orgánicos en la restauración/rehabilitación de suelos degradados y contaminados. Red Española de Compostaje. Editores científicos: J. Moreno, R. Moral, J.L. García-Morales, J.A. Pascual y M.P. Bernal. Editorial Mundi-Prensa, 1ª Edición, Madrid, España

Junta de Andalucía. 2005. Guía “Use el compost: En agricultura, viveros y paisajismo”. Consejería de Medio Ambiente. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/agriculturapescaydesarrollorural/areas/produccion-ecologica/compostaje-pe.html>

Kononova MM. 1996. Soil Organic Matter. Its Nature, Its Role in Soil Formation and in Soil Fertility. Ed. Elsevier. 2ª Edición, Ámsterdam, Países Bajos

Kostov O, Lynch JM. 1998. Composted sawdust as a carrier for *Bradyrhizobium*, *Rhizobium* and *Azospirillum* in crop inoculation. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 14: 389-397

López-González J, Suárez-Estrella F, Vargas-García M, López M, Jurado M, Moreno J. 2015a. Dynamics of bacterial microbiota during lignocellulosic waste composting: Studies upon its structure, functionality and biodiversity. *Bioresource Technology*, 175: 406–416

López-González J, Vargas-García M, López M, Suárez-Estrella F, Jurado M, Moreno J. 2015b. Biodiversity and succession of mycobiota associated to agricultural lignocellulosic waste-based composting. *Bioresource Technology*, 187: 305–313

Masaguer-Rodríguez A, López-Fabal A, Carmona-Chiara E, Fornés-Sebastiá F, Ordovás-Ascaso J, Gómez-Sánchez MA, Moreno-Aguirre MT, Marfá-Pagès O, Cáceres-Reyes R, López-Núñez R, Belda-Navarro R. 2015.

De Residuo a Recurso: El Camino hacia la Sostenibilidad. III Recursos orgánicos: Aspectos agronómicos y medioambientales. 2 Uso del compost como componente de sustratos para cultivo en contenedor. Red Española de Compostaje. Editores científicos: J. Moreno, R. Moral, J.L. García-Morales, J.A. Pascual y M.P. Bernal. Editorial Mundi-Prensa, 1ª Edición, Madrid, España

Moral R, Muro J. 2008. Manejo, dosificación y gestión agronómica del compost. En: Editores científicos: Joaquín Moreno Casco y Raúl Moral Herrero, Compostaje, 351-378. Ediciones Mundi-Prensa, 1ª Edición, Madrid, España

Moreno J, Mormoneo S. 2008. Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje. En: Editores científicos: Joaquín Moreno Casco y Raúl Moral Herrero, Compostaje, 111-140. Ediciones Mundi-Prensa, 1ª Edición, Madrid, España

Neher DA, Weicht TR, Bates ST, Leff JW, Fierer N. 2013. Changes in bacterial and fungal communities across compost recipes, preparation methods and composting times. PLoS One 8 (11): e79512

Olivares J, Bedmar EJ, Sanjuan J. 2013. Biological nitrogen fixation in the context of global change. Molecular Plant-Microbe Interactions, 26: 486-494.

Parniske M. 2008. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. Nature Reviews Microbiology, 6: 763-775

Pascual-Valero JA, Moreno-Casco J, Ros-Muñoz M, Vargas-García MC. 2015. De Residuo a Recurso: El Camino hacia la Sostenibilidad. III Procesos de biotransformación de la materia orgánica. 1 Aspectos biológicos de la estabilización aeróbica. Red Española de Compostaje. Editores científicos: J. Moreno, R. Moral, J.L. García-Morales, J.A. Pascual y M.P. Bernal. Editorial Mundi-Prensa, 1ª Edición, Madrid, España

Pascual JA, Bernal-Vicente A, Martínez-Medina A, Ros M, Sánchez C. 2017. Biostimulant and suppressive effect of *Trichoderma harzianum* enriched compost for melon cultivation from greenhouse nursery to field production. Acta Horticulturae, 1164 (30): 225-231

Puigdefábregas J, Mendizabal T. 1998. Perspectives on desertification: western Mediterranean. Journal of Arid Environments, 39 (2): 209-224

Real Decreto 999/2017, de 24 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. Disponible en: [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2017-14332](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2017-14332)

Ryckeboer J, Mergaert J, Vaes K, Klammer S, De Clercq D, Coosemans J, Insam H, Swings J. 2003. A survey of bacteria and fungi occurring during composting and self-heating processes. Annals of Microbiology, 53 (4): 349-410

Scheuerell S, Mahaffee W. 2002. Compost Tea: Principles and Prospects For Plant Disease Control. Compost Science & Utilization, 10 (4): 313-338

St. Martin CCG, Brathwaite RAI. 2012. Compost and compost tea: Principles and prospects as substrates and soil-borne disease management strategies in soil-less vegetable production, Biological Agriculture & Horticulture, 28 (1): 1-33

Stevenson FJ. 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions. John Wiley & Sons, Inc. 2ª Edición, EEUU

Tortosa G, Alburquerque JA, Ait Baddi G, Cegarra J. 2012. The production of commercial organic amendments and fertilisers by composting of two-phase olive mill waste (“alperujo”). Journal of Cleaner Production, 26: 48-55

Tortosa G, Alburquerque JA, Bedmar EJ, Ait Baddi G, Cegarra J. 2014. Strategies to produce commercial liquid organic fertilisers from “alperujo” composts. Journal of Cleaner Production, 82: 37-44

Tortosa G, Castellano-Hinojosa A, Correa-Galeote D, Bedmar E. 2017. Evolution of bacterial diversity during two-phase olive mill waste (“alperujo”) composting by 16S rRNA gene pyrosequencing. Bioresource Technology, 224: 101-111

Tortosa G, Torralbo F, Maza-Márquez P, Aranda E, Calvo C, González-Murua C, Bedmar EJ. 2020. Assessment of the diversity and abundance of the total and active fungal population and its correlation with humification during two-phase olive mill waste (“alperujo”) composting. *Bioresource Technology*, 295: 122267

Trevisan S, Ornella F, Quaggiotti S, Serenella N. 2010. Humic substances biological activity at the plant-soil interface. *Plant Signaling & Behavior*, 5 (6): 635-643

Trillas-Gay MI, Avilés-Guerrero M, Suárez-Estrella F, Moreno-Casco J. 2014. De Residuo a Recurso: El Camino hacia la Sostenibilidad. III Recursos orgánicos. 6 Compost y control biológico de las enfermedades de las plantas. Red Española de Compostaje. Editores científicos: J. Moreno, R. Moral, J.L. García-Morales, J.A. Pascual y M.P. Bernal. Editorial Mundi-Prensa, 1ª Edición, Madrid, España

Tuomela M, Vikman M, Hatakka A, Itävaara M. 2000. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. *Bioresource Technology*, 72: 169-183

Vargas-García MC, Suárez-Estrella F. 2008. Efecto del la aplicación del compost sobre las propiedades biológicas del suelo. En: Editores científicos: Joaquín Moreno Casco y Raúl Moral Herrero, Compostaje, 329-350. Ediciones Mundi-Prensa, 1ª Edición, Madrid, España

## UNDERSTANDING URBAN TOURISM IN BALDHA GARDEN AND BAHADUR SHAH PARK OF DHAKA CITY (BANGLADESH) BY STUDYING THE INTERACTIONS BETWEEN VISITORS AND PLANTS

Shaila I. SATU\*<sup>1</sup>; Kamrun NAHAR<sup>1</sup>; Md. A. KASHEM<sup>2</sup>; Shahrear AHMAD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Botany, Jagannath University. Dhaka, Bangladesh

<sup>2</sup>Department of Botany, University of Dhaka. Dhaka, Bangladesh

\*satu.shaila@gmail.com

Received: 26-december, 2019

Accepted: 30-december, 2019

Published on-line: 31-december, 2019

### Abstract

Plant is one of the major components of biodiversity and biodiversity is a significant factor in a wide range of tourism. The numbers of plants are reducing day by day because of rapidly growing tourism phenomenon. This study therefore, was carried out to identify the tourist attractions and behavior on natural environment specially in Baldha garden and Bahadur Shah park in Dhaka city, which cover the most biodiversity in urban area in Bangladesh. Two gardens (Baldha garden and Bahadur Shah park) were selected for the research which one is entry restricted and another one is free for the visitors. The data were collected from these two sites during the month of January to December in 2018. Both sites are mainly vegetated area. There are many rare and unique plant species found in Baldha garden and 199 species of plants were found there where 24 plant species were found in Bahadur Shah park. In Baldha garden, 150-200 visitors visit the place daily where in Bahadur Shah park visitors ranges from 400 to 500. Most of the tourists were in a group of four or less people in Baldha garden. On the other hand, in Bahadur Shah park most of the visitors were local people who came for jogging and gossiping. Mainly tourist visits these sites on weakened and festive periods much than the other working days. Due to lacking of awareness and management system visitors harmed the local plants mostly the medicinal plants by incising on plant body, splitting of plant parts (i.e. leaf), breaking down the stem, hanging of signboards and so on and thus various dangerous effects appeared. Proper management system can change the outlook of these areas. The results of the study are likely to enhance our knowledge about the tourist activities and its impact and also the poor management system of these parks.

### Resumen

Las plantas constituyen uno de los principales componentes de la biodiversidad, que es un factor importante en una amplia gama de actividades turísticas. El número de plantas se está reduciendo día a día debido al rápido crecimiento del fenómeno turístico. Este estudio se llevó a cabo para identificar las actividades turísticas y su comportamiento en el medio natural, especialmente en el jardín Baldha y en el parque Bahadur Shah, en la ciudad de Dhaka, que cubren la mayor biodiversidad vegetal en el área urbana de Bangladesh. Se seleccionaron dos jardines (jardín Baldha y parque Bahadur Shah) para su investigación, siendo uno de ellos de entrada restringida y el otro de acceso gratuito para los visitantes. Los datos se recopilaban en estos dos lugares durante los meses de enero a diciembre de 2018. Ambos sitios están bien provistos de vegetación. Hay muchas

especies de plantas poco frecuentes y únicas en el jardín Baldha, encontrándose en número de 199, siendo 24 el número de especies en el parque Bahadur Shah. En el jardín Baldha, entre 150 y 200 personas visitan el lugar a diario, mientras que en el parque Bahadur Shah los visitantes oscilan entre 400 y 500. La mayoría de los turistas visitan el jardín Baldha en grupos de cuatro o menos personas. Por otro lado, en el parque Bahadur Shah la mayoría de los visitantes pertenecen a población local que acude al mismo a correr y charlar. Principalmente las visitas turísticas en estos sitios se realizan en fines de semana y días festivos más que en días laborables. Debido a la falta de conciencia y sistemas de gestión los visitantes ocasionan daños a las plantas, principalmente a las medicinales, al manipularlas, extraer partes de las mismas (sobre todo hojas), quebrar los tallos, colgar carteles, y otras varias acciones de efectos peligrosos. Un sistema de gestión adecuado puede cambiar las perspectivas de estas áreas. Los resultados del estudio inciden sobre la necesidad de mejorar el conocimiento sobre las actividades turísticas y su impacto, así como también el sistema de gestión de estos parques.

## Introduction

Plant is one of the major components of biodiversity and biodiversity is a significant factor in a wide range of tourism. Although the exact rate of biodiversity loss is disputed (Purvis and Hector 2000), there is no doubt that human domination has led to a decline in biodiversity at all levels and species extinction through human intervention is estimated to be approximately 100–1000 times faster than the natural speed of extinction (Martens *et al.* 2003). The numbers of plants are reducing day by day because of rapidly growing tourism phenomenon. The rapid growth in tourism has increased pollution, put unsustainable demands on local environment and created adverse impacts on biodiversity. Recreation and tourism activities in protected areas are usually restricted to those activities that have been considered to have less environmental impact and emphasize enjoyment of the natural values of the area (Buckley 2004; Worboys *et al.* 2005). There are a number of other direct impacts on the treaded area, such as damage or removal of vegetation, loss of vegetation height, reduction in foliage cover, exposure of tree root systems, and introduction of non-native species (Marion and Leung 2001).

Urban open space is often appreciated for the recreational opportunities it provides. Studies done on physically active adults middle aged and older show there are amplified benefits when the physical activities are coupled with green space environments. Such coupling leads to decreased levels of stress, lowers the risk for depression (Mitchell and Richard 2013) as well as increase the frequency of participation in exercise. When a lot of visitors come to visit a particular area they leave social impacts on the region -Many negative changes take place in values and customs and urban tourism also increases in crimes, usages of drugs and prostitution. Baldha garden is one of the protected areas of Bangladesh. It is also a botanical garden located at Wari in the old part of the city of Dhaka which is administratively part of the National Garden and Bahadur Shah Park located in old Dhaka in front of Jagannath university. This place contains a lot of historical attractions which fascinate the visitors. The condition of the area is now terrible. Historic Bahadur Shah Park lost all its importance and glamour by lack of awareness of common people. The purpose of this research study is to understand tourists' attitudes towards plant and local communities.

## Materials and Methods

*Study sites:* In this study Baldha garden and Bahadur Shah park of Dhaka city was selected to address the objectives of the proposed research. Baldha Garden is a botanical garden located at Wari in the old part of the Dhaka city. Bahadur Shah Park was known as Victoria Park initially. This is located at Lakkhibazar in old Dhaka.

*Collection of soil:* Soil samples were collected from these two selected sites. Soil pH, moisture, conductivity, total N, total P and organic C were determined after collection from the field.

*Analysis for soil physical and chemical properties:* Soil pH was determined from suspension of soil: water (2:1, v:w) using pH meter (Hanna pH meter, pHep). Soil conductivity was determined in suspension with distilled water (5:1, v:w) using conductivity meter (Hanna conductivity meter). Soil moisture content (%) was determined from 10 g fresh soil after oven-drying at 80°C for 24 h. Organic Carbon content was analyzed by Walkley and Black method (Black 1965). Total N content was determined by Kjeldahl method (Black 1965). Soil P content was determined by Vanadomolybdophosphoric yellow color method (Jackson 1958).

*Collection of vegetation data:* Vegetation data were collected using quadrat method twice in a year in each park in March and December, 2018. Quadrat of 5m× 5m in size was done to collect data for Baldha garden and Bahadur Shah park. After placing quadrats on the selected sites plant species were identified and recorded for their number of individuals per quadrat. The number of plants were recorded which are mostly affected by tourists by using collected data from local people or authority of those two study areas.

*Questionnaire design:* Total number of tourists and their types were recorded for both parks. Questionnaires done for conducting a survey where all respondents are asked exactly the same questions in the same circumstance. The questionnaire included questions related to the following areas: main objectives of the visit, experience during the visit, and degree of satisfaction with the visit.

*Data analysis:* Mean values were compared for statistical significance by Analysis of Variance (ANOVA). For data analysis, JMP 4.0 software (SAS Institute, Carry, NC, USA).

## Results and Discussion

There are many rare and unique plants in these sites but surprisingly tourists do not have enough knowledge about that and they are not aware of the importance of those plants. By the lacking of awareness, they randomly damaged the plants body. People use Bahadur Shah park as a walking way as there is no entry fee and any entry procedure to enter into the park, as a result its plant species decreases with time. Many people come here for morning walk. Different kinds of sellers like tea seller, fruit seller, dry food seller, nut seller etc. easily enter into the park. Some people come here for resting and sleeping. Many political seminars organize there with thousands of people with high volume sound system. These types of interactions

affect the plant species and pollute the environment a large scale. Tourist often leads to unfavorable impacts on plants which is related to (Vaske and Korbin 2001) research and it illuminated the relationship between place attachment and environmentally responsible behavior. Following photographs (figure 1) and data shows the conditions of parks while people visit the sites and the percentages of affected and unaffected species. Baldha garden contains a lot of historical attractions which fascinate the visitors. The condition of the area is now terrible. People using the park's footpath very often fall victim to many incidents.



Figure 1. Tourist activities about hanging of signboard (a), incised on plant body (b), split of leaf (c), and breakdown of stem (d) during visit in the garden.

The total number of plants and the percentage of affected plants by visitors showed in Table 1. Visitors harm the plants and plants parts in many ways. Common affected types are also shown in table 1. There were about 700 plants found in Baldha garden and 86 in Bahadur Shah park. Though Baldha garden is protected but the percentage of affected plant 69.1% is more than Bahadur Shah park 61.62% which has no restriction for entry indicating that people of all

classes and ages harm the plant species for the lacking of proper management system. Several studies suggest that the management of tourism and recreation is needed to minimise tourism's negative impacts and conflicts (Knight and Gutzwiller 1995; Hammitt and Cole 1998; Manning 1999; Ewert et al. 1999; Hall and Page 2002; Eagles et al. 2004).

**Table 1. Total number of plants with affected types and their percentage of Balda garden and Bahadur Shah park.**

|                       | Baldha garden | Bahadur Shah park |
|-----------------------|---------------|-------------------|
| Total plants          | 702           | 86                |
| Total affected plants | 485(69.1%)    | 53(61.62%)        |
| Affected type:        |               |                   |
| Incised on plant body | 152(31.34%)   | 10(18.87%)        |
| Breakdown stem        | 112(23.09%)   | 7(13.21%)         |
| Split of leaf         | 125(25.77%)   | 5(9.43%)          |
| Hanging of signboards | 96(19.79%)    | 31(58.49%)        |

The affected types with percentage of them and unaffected plants percentage on some common plants in Baldha garden and Bahadur shah park are shown in table 2 and table 3, respectively. There are plenty of medicinal plants, flowering plants, fruit plants, ornamental plants present in both parks. Medicinal plants (*Alstonia scholaris*, *Azadirachta indica*, *Justicia adhatoda*) are mostly affected by visitors because of their medicinal value. People visit the parks and collect different parts (e.g. Split the leaf, break the stem) of the plants for medicinal purposes. Visitors also harm the flowering plants by plucking the flower and breaking the plant parts. People visit the garden and incised their name on the plant body, mostly on the ornamental plants.

**Table 2. Dominant plants with its local name, habitat, family and percentages of affected types along with unaffected plants number in Baldha garden.**

| Plant species                 | Local name | Family name  | Number of plant | Incised on plant body (%) | Breakdown stem (%) | Split of leaf (%) | Hanging of signboard (%) | Unaffected plants |
|-------------------------------|------------|--------------|-----------------|---------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
| <i>Alstonia scholaris</i>     | Chatim     | Apocynaceae  | 9               | 4(44.44)                  | 5(55.55)           | 0                 | 0                        | 3(33.33)          |
| <i>Areca catechu</i>          | Supari     | Arecaceae    | 11              | 9(81.81)                  | 0                  | 0                 | 0                        | 2(18.18)          |
| <i>Azadirachta indica</i>     | Nim        | Meliaceae    | 6               | 3(50)                     | 0                  | 2(33.33)          | 0                        | 1(16.67)          |
| <i>Cocos nucifera</i>         | Narikel    | Arecaceae    | 6               | 2(33.33)                  | 0                  | 0                 | 0                        | 4(66.67)          |
| <i>Euryale ferox</i>          | Tal- palm  | Nymphaeaceae | 10              | 5(50)                     | 0                  | 0                 | 0                        | 5(50)             |
| <i>Ficus elastic</i>          | Rubber     | Moraceae     | 7               | 3(42.86)                  | 0                  | 0                 | 0                        | 4(57.14)          |
| <i>Justicia adhatoda</i>      | Bashak     | Acanthaceae  | 5               | 0                         | 2(40)              | 4(80)             | 0                        | 0                 |
| <i>Pinus caribaea</i>         | Pine       | Coniferaceae | 6               | 3(50)                     | 2(33.33)           | 1(16.67)          | 0                        | 3(50)             |
| <i>Hibiscus rosa-sinensis</i> | Jaba       | Malvaceae    | 9               | 0                         | 5(55.56)           | 2(22.22)          | 0                        | 4(44.44)          |
| <i>Ixora chinensis</i>        | Rangan     | Rubiaceae    | 6               | 0                         | 4(66.67)           | 2(33.33)          | 0                        | 1(16.67)          |
| <i>Polyalthia longifolia</i>  | Debdaru    | Annonaceae   | 8               | 2(25)                     | 0                  | 3(37.50)          | 0                        | 5(62.5)           |
| <i>Anona squamosa</i>         | Ata        | Annonaceae   | 4               | 3(75)                     | 1(25)              | 0                 | 0                        | 1(25)             |

**Table 3. Dominant plants with its local name, habitat, family and percentages of affected types along with unaffected plants number in Bahadur Shah park.**

| Plant species                   | Local name | Family name | Habit | Number of plant | Incised on plant body (%) | Breakdown stem (%) | Split of leaf (%) | Hanging of signboards (%) | Unaffected plants |
|---------------------------------|------------|-------------|-------|-----------------|---------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| <i>Alstonia scholaris</i>       | Chatim     | Apocynaceae | Tree  | 2               | 0                         | 0                  | 0                 | 2(100)                    | 0                 |
| <i>Azadirachta indica</i>       | Nim        | Meliaceae   | Tree  | 4               | 0                         | 4(100)             | 4(100)            | 2(50)                     | 0                 |
| <i>Artocarpus heterophyllus</i> | Kathal     | Moraceae    | Tree  | 4               | 1(25)                     | 1(25)              | 0                 | 2(50)                     | 0                 |
| <i>Diospyros blancoi</i>        | Bilati gab | Ebenaceae   | Tree  | 3               | 0                         | 0                  | 0                 | 2(66.67)                  | 1                 |
| <i>Ficus religiosa</i>          | Ashoth     | Moraceae    | Tree  | 3               | 1(33.33)                  | 0                  | 0                 | 2(66.67)                  | 0                 |
| <i>Mimusops elengi</i>          | Bakul      | Sapotaceae  | Tree  | 4               | 0                         | 1(33.33)           | 0                 | 2(50)                     | 0                 |
| <i>Swietenia mahagoni</i>       | Mehgoni    | Meliaceae   | Tree  | 3               | 0                         | 0                  | 0                 | 2(66.66)                  | 1                 |

The types of groups visiting the sites specially Baldha garden are shown in Table 4 showing that the total tourist number are more or less same from Sunday to Thursday but the total tourists number increases in Friday and Saturday because of holiday. Mainly students and families and couples in small groups visit there. Most of the tourists were in a group size of four or less people. Over a third of the total was travelling with their partners or spouses, and an additional quarter of the respondents were visiting with their family. People come here much in holiday and different festive period. Tourist number did not vary in different months (Table 5). People come here at all the year round.

Total tourists number and different group of tourists in a week in Bahadur Shah park were shown in table 6 and tourist data in different month of this park were shown in table 7. In Bahadur Shah park most of the visitors are students and local people who come for jogging and gossiping. Some educational institutions surround the park so mainly in break time students gather there. As a result, number of tourists are more in weekdays and less in weekend. Tourist number did not vary for different months here. But male tourists are comparatively more than female in both park.

**Table 4. Tourists arrival in different days in Baldha garden.**

| Days      | Baldha garden  |            |            |            |            |           |
|-----------|----------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
|           | Total tourists | Students   |            | Adult      |            | Children  |
|           |                | Male       | Female     | Male       | Female     |           |
| Sunday    | 152.18±6.19    | 47.58±2.50 | 35.42±1.89 | 40.33±2.09 | 26.83±1.78 | 1.91±0.51 |
| Monday    | 151.42±6.1     | 50.17±2.28 | 35.58±2.17 | 38.17±1.79 | 24.41±1.50 | 3.08±0.42 |
| Tuesday   | 148.00±6.84    | 47.91±2.33 | 32.58±1.73 | 38.58±2.06 | 26.00±2.25 | 2.92±0.57 |
| Wednesday | 162.00±7.52    | 52.50±2.78 | 39.91±2.74 | 43.58±2.19 | 23.50±1.73 | 2.50±0.66 |
| Thursday  | 151.25±8.55    | 50.58±2.79 | 36.33±2.91 | 35.83±2.04 | 24.58±2.19 | 3.92±0.43 |
| Friday    | 227.58±4.63    | 62.00±1.88 | 39.67±1.24 | 71.33±2.36 | 45.67±1.14 | 8.91±0.89 |
| Saturday  | 208.17±5.33    | 61.75±2.67 | 41.17±1.49 | 60.83±3.41 | 38.67±2.32 | 5.75±0.44 |

Table 5. Tourists arrival in different months in Baldha garden.

| Months    | Baldha garden  |            |            |            |            |           |
|-----------|----------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
|           | Total tourists | Students   |            | Adult      |            | Children  |
|           |                | Male       | Female     | Male       | Female     |           |
| March     | 168.81±7.03    | 53.09±2.20 | 37.90±1.23 | 45.24±2.76 | 28.52±1.92 | 4.05±0.67 |
| May       | 174.38±8.59    | 54.90±2.45 | 36.95±1.59 | 47.28±2.88 | 30.90±2.33 | 4.33±0.82 |
| September | 171.19±9.22    | 52.47±2.18 | 36.62±1.74 | 48.04±3.94 | 30.00±2.33 | 4.04±0.49 |
| December  | 171.62±8.15    | 52.38±2.06 | 37.47±2.08 | 47.24±3.48 | 30.38±2.43 | 4.14±0.63 |

Table 6. Tourists arrival in different days in Bahadur Shah park.

| Days      | Bahadur Shah park |             |            |             |            |           |
|-----------|-------------------|-------------|------------|-------------|------------|-----------|
|           | Total tourists    | Students    |            | Adult       |            | Children  |
|           |                   | Male        | Female     | Male        | Female     |           |
| Sunday    | 425.42±3.83       | 137.42±3.08 | 82.33±3.59 | 121.92±3.37 | 76.58±2.88 | 7.17±0.61 |
| Monday    | 417.33±4.78       | 126.17±4.56 | 90.92±4.04 | 115.92±4.68 | 77.50±3.06 | 6.83±0.87 |
| Tuesday   | 420.33±5.97       | 125.25±2.76 | 98.67±4.69 | 110.83±4.64 | 78.75±2.94 | 6.83±0.61 |
| Wednesday | 427.17±5.82       | 128.25±3.27 | 95.25±2.79 | 116.08±2.56 | 79.50±2.90 | 8.08±0.81 |
| Thursday  | 423.50±4.90       | 128.83±4.24 | 84.67±3.95 | 123.50±3.77 | 78.83±2.19 | 7.67±0.68 |
| Friday    | 346.42±6.52       | 81.92±3.56  | 48.50±2.03 | 132.75±2.87 | 77.00±2.89 | 6.25±0.78 |
| Saturday  | 339.83±5.46       | 84.50±4.08  | 47.50±1.98 | 125.83±2.87 | 74.33±2.35 | 7.67±0.78 |

Table 7. Tourists arrival in different months in Bahadur Shah park.

| Months    | Bahadur Shah park |             |            |             |            |           |
|-----------|-------------------|-------------|------------|-------------|------------|-----------|
|           | Total tourists    | Students    |            | Adult       |            | Children  |
|           |                   | Male        | Female     | Male        | Female     |           |
| March     | 393.00±7.94       | 112.00±4.96 | 79.00±4.27 | 119.57±3.31 | 75.47±2.16 | 6.95±0.49 |
| May       | 403.81±8.57       | 117.33±4.74 | 76.38±5.32 | 122.43±2.89 | 79.62±1.74 | 8.05±0.57 |
| September | 399.19±9.53       | 116.24±5.84 | 78.71±5.29 | 120.76±3.07 | 77.04±2.01 | 6.42±0.49 |
| December  | 404.00±9.67       | 118.62±6.05 | 78.95±5.46 | 121.14±3.02 | 77.85±2.27 | 7.43±0.63 |

A surprisingly high proportion (nearly two thirds) of respondents said they did not know that there were rare and unique plants growing in the area of the site they were visiting. The respondents were asked if they thought that visitors to the sites had any impacts on the vegetation. Interestingly, nearly two thirds of the visitors surveyed said they thought there were no impacts on the vegetation. While many comments were not specific about the type of impact, approximately one third of the participants mentioned trampling, picking, and erosion impacts.

Properties of soil (pH, Conductivity ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Moisture (%), Organic Carbon (%), Nitrogen (%)) are shown in table 8. In Baldha garden soil pH was 7.25 and in Bahadur Shah park was 7.31. In Baldha garden soil conductivity was 84.00 and in Bahadur Shah park was 123.67. Moisture content in Baldha garden was 11.23 and in Bahadur Shah park was 7.70. In Baldha

garden organic carbon was 0.53 and in Bahadur Shah park was 0.82. In Baldha garden and in Bahadur Shah park nitrogen was 0.05. Phosphorus in Baldha garden was 0.07 and in Bahadur Shah park was 0.12.

**Table 8. Comparative study of soil physical properties between two sites.**

| Soil properties      | Baldha Garden | Bahadur Shah Park | F- Ratio | P value |
|----------------------|---------------|-------------------|----------|---------|
| pH                   | 7.25 ± 0.58   | 7.31 ± 0.03       | 0.01     | 0.93    |
| Conductivity (µS/cm) | 84.00 ± 9.71  | 123.67 ± 22.02    | 2.72     | 0.17    |
| Moisture (%)         | 11.23 ± 0.75  | 7.70 ± 1.25       | 5.86     | 0.07    |
| Organic Carbon (%)   | 0.53 ± 0.08   | 0.82 ± 0.17       | 2.38     | 0.17    |
| Nitrogen (%)         | 0.05 ± 0.00   | 0.05 ± 0.00       | 0.02     | 0.91    |
| Phosphorus (%)       | 0.07 ± 0.01   | 0.12 ± 0.00       | 21.08    | 0.01    |

All of soil properties are not significantly differed except phosphorus ( $F=21.08$ ,  $P=0.01$ ). Following data showed that pH value, soil conductivity ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), organic carbon (%) and phosphorus (%) of Bahadur Shah park is higher than Baldha garden. On the other hand, soil moisture (%) is higher in Baldha garden than the Bahadur Shah park. Nitrogen (%) content is same for both in Baldha garden and Bahadur Shah park.

## Conclusions

The result of the present study showed that visitors have no idea about their interaction with plants while they visit the park. Most of the visitors have found in weekend and they mainly come here for passing their time. For lacking of proper knowledge about the importance of plants in urban areas and management system they harm the plants, mostly medicinal plants. Proper management system can change the outlook of these areas. Proper steps should be taken by the Government and make some rules for visitors while they visit these places and employee should maintain their duty properly as well to protect the urban ecosystem.

## Acknowledgement

The authors are thankful to the University Grants Commission of Bangladesh for the financial assistance - under the Special Allocation for the year (2018-19) to conduct this research.

## References

- Black, C.A. 1965. Methods of soil and plant analysis. Part I and II. American Society of Agronomy.
- Buckley, R. 2004. Impacts positive and negative: Links between ecotourism and environment. In: R. Buckley (ed.) Environmental impacts of ecotourism. CABI Publishing, New York. 5-14.
- Eagles, P., McCool, S.F., Haynes, C.D. 2004. Sustainable tourism in protected areas: guidelines for planning and management. World Tourism Organization, Madrid, Spain.
- Ewert, A., Dieser, R., Voight, A. 1999. Conflict and the recreational experience. In: Leisure studies: Prospects for the Twenty-First Century, Jackson, E. Burton, T. (eds.). Venture Pub, Pennsylvania 335-345.

Hall, C.M., Page, S.J. 2002. The geography of tourism and recreation: environment, place and space. Second Edition, Routledge, London, UK.

Hammitt, W.E., Cole, D.N. 1998. Wildland recreation: ecology and management. Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.

Jackson, M.L. 1958. Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.

Knight, R.L., Gutzwiller, K.J. (eds.). 1995. Wildlife and recreationists: coexistence through management and research. Island Press, Washington DC, USA.

Manning, R.E. 1999. Studies in outdoor recreation: search and research for satisfaction. Second Edition. Oregon State University Press, Corvallis, USA.

Marion, J.L., Leung, Y.F. 2001. Trail resource impacts and an examination of alternative assessment techniques. *Journal of Park and Recreation Administration* 19(3): 17-37.

Martens, P., Rotmans, J., de Groot, D. 2003. Biodiversity: luxury or necessity? *Global Environmental Change* 13: 75–81.

Mitchell, R. 2013. Is physical activity in natural environments better for mental health than physical activity in other environments? *Social Science and Medicine* 91: 130–134.

Purvis, A., Hector, A. 2000. Getting the measure of biodiversity. *Nature* 405: 212–219.

Vaske, J.J., Korbin, K.C. 2001. Place attachment and environmentally responsible behavior. *The Journal of Environmental Education* 32: 16-21.

Worboys, G., De Lacy, T., Lockwood, M. (eds.) 2005. Protected area management: Principles and practice (2nd Edition). Oxford University Press, UK.

# **NORMAS PARA AUTORES INSTRUCTIONS FOR AUTHORS**

---

## NORMAS PARA AUTORES

---

**Mol**, como publicación de la Sociedad de Ciencias de Galicia, acepta contribuciones de carácter científico y técnico, para las diferentes secciones. Los trabajos que se presenten a las secciones “ESTUDIOS”, “MISCELÁNEA” y “RESEÑAS” han de ser originales, no habiendo sido publicados anteriormente. La presentación de trabajos para la publicación en **Mol** supone la aceptación, por parte de los autores, de la revisión crítica de los originales por el Comité Editorial y de la adaptación de los trabajos a las presentes Normas para Autores.

Las colaboraciones publicadas reflejan exclusivamente las ideas de sus autores, no siendo compartidas necesariamente por el Comité Editorial de **Mol** y por la Sociedad de Ciencias de Galicia.

El Comité Editorial, apoyado por evaluadores externos, decidirá acerca de la adecuación de los trabajos a la línea editorial de **Mol**, y hará llegar un informe a los autores, pudiendo sugerir, en su caso, los cambios correspondientes.

### Formato y organización del texto

---

Los trabajos se presentarán, en español o inglés, en soporte informático (en cualquier versión de Word). Podrán incluirse tablas, gráficos y fotografías (en color o en B/N, preferentemente en formato jpg). El título debe estar escrito en letra Times New Roman, mayúscula y negrita con un tamaño de 14 puntos, dejando a continuación una línea en blanco. El siguiente párrafo debe contener el nombre y primer apellido de los autores (formato: Nombre APELLIDO), separando los distintos autores por punto y coma, y en la línea siguiente el centro o centros de procedencia. El formato del texto será de páginas tamaño A4, escritas con interlineado sencillo y márgenes de 3 cm, con tipo de letra Times New Roman de 12 puntos.

La primera vez que se cite una especie biológica, se debe incluir el nombre científico, escrito en cursiva, no subrayado, y la autoridad. Una vez citado el nombre científico, en el resto del texto puede utilizarse el nombre común de la especie.

Las unidades aceptadas son las del Sistema Internacional de Unidades (Real Decreto 1317/1989, de 27 de octubre, por el que se establece el Sistema Legal de Unidades de Medida, BOE núm. 264, de 3 de noviembre de 1989, con corrección de errores en núm. 21, de 24 de enero de 1990).

La organización del texto, en la sección “ESTUDIOS”, con carácter general, debe ser:

Resumen  
Abstract (en inglés)  
Introducción  
Material y Métodos  
Resultados y Discusión  
Conclusiones  
Agradecimientos  
Referencias

## Tablas y figuras

---

El título de una tabla y el texto que la acompañe debe estar en la parte superior de la misma. Las tablas deben estar numeradas consecutivamente y citadas en el texto. Se deben delimitar con líneas continuas la cabecera y el final de la tabla, sin líneas verticales en el cuerpo de la tabla. Las unidades de los datos se deben indicar entre paréntesis en las cabeceras de las columnas. Si se necesitan notas a pie de tabla, se usarán superíndices numéricos para indicarlas.

Las figuras deberán llevar un título y un texto explicativo en la parte inferior de las mismas. Deben estar numeradas consecutivamente y citadas en el texto.

## Referencias

---

Las referencias bibliográficas, que deberán estar citadas en el texto, han de adaptarse a los modelos que siguen:

ARTÍCULO: Autor (es). Año. Título. Revista nº: página inicial-final.

CAPÍTULO DE LIBRO: Autores (es). Año. Título del capítulo. En: Editor (es) Coordinador (es) (Eds/Coords) Título del libro, página inicial-final. Editorial. Edición. Ciudad, país.

LIBRO: Autores (es). Año. Título del libro. Editorial. Edición. Ciudad, país.

El Comité Editorial, apoyado por evaluadores externos, decidirá acerca de la adecuación de los trabajos a la línea editorial de **Mol**, y hará llegar un informe a los autores, pudiendo sugerir, en su caso, los cambios correspondientes.

Todo tipo de colaboración para **Mol** debe enviarse a:

Sociedad de Ciencias de Galicia

Editor Jefe de **Mol**

[info@scg.org.es](mailto:info@scg.org.es)

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

---

**Mol**, as publication of the Science Society of Galicia, accepts scientific and technical contributions to the different sections. The works submitted to the sections “STUDIES”, “MISCELLANEOUS” and “REVIEWS” must be original, not having been previously published. The presentation of manuscripts for their publication in **Mol** should be under the acceptance by the authors of the critical review of the originals by the Editorial Board and the adaptation of the works to the present Instructions for Authors. The contributions presented in English must include a short Spanish summary in the beginning of the main text.

Contributions published reflect only the ideas of their authors, not necessarily be shared by the Editorial Board of **Mol** and the Science Society of Galicia.

Additional information relevant to submission of STUDIES:

### Original Research

---

These articles must describe the hypothesis, study, and methods of original research. The results of the research are reported, interpreted and a discussion of the possible implications may be included. Original Research articles may also encompass disconfirming results which allow hypothesis elimination, reformulation and/or report on the non-reproducibility of previously published results

### Methods and Protocols

---

These articles must present a new method or emerging technique and/or software that opens new avenues for experimental investigation of important issues in a field. Method manuscripts should include the experimental objectives, the validation of the method with example(s) of its application, the limitations of current techniques, and a detailed protocol of the new technique.

### Hypothesis and Theory

---

These articles should present a novel argument, interpretation or model intended to introduce a new testable hypothesis or support already existing theories. They should provide new insights into a significant question or issue and the argumentation must be closely tied to empirical data

### Perspectives

---

These articles must present a viewpoint on a relevant area of research. They focus on a specific field or discipline, and discuss current advances or future directions, and may include original data as well as personal insights and opinions

---

## Format and organization of the text

---

Papers will be submitted in electronic form (in any version of Word). They can include tables, graphs and pictures (in colour or B/W preferably in jpg format). The title must be written in 14 points bold capital Times New Roman font, then leaving a blank line. The following paragraph should contain the first name and the surname (format: Name SURNAME) of the author/s, separating the different authors by semicolons, and on the next line the affiliation/s. Text formatting will be A4 pages, single spaced written with 3 cm margins and 12 points Times New Roman font.

The first time a biological species is cited, the scientific name must be included written in italics, not underlined, and authority. Once cited the scientific name, in the rest of the text can be used the common name of the species.

The units of the International System of Units should be used.

The organization of the text, in the “STUDIES” section, in general, should be:

Abstract  
Resumen (in Spanish)  
Introduction  
Material and Methods  
Results and Discussion  
Conclusions  
Acknowledgements  
References

---

## Tables and figures

---

The title of a table and the accompanying text should be placed on the top of it. Tables should be numbered consecutively and cited in the text. They must be delimited by solid lines and the head and the bottom of the table without vertical lines. Data units should be listed in parentheses in the title of each column. If table footnotes are needed, they should be indicated by numerical superscripts.

Figures should keep title and description in the bottom of them, must be numbered consecutively and cited in the text.

## References

---

The bibliographical references, which must be cited in the text, would be adapted to the models that follow:

ARTICLES: Author (s). Year. Title. Journal Nr: initial-final pages.

BOOK CHAPTER: Author (s). Year. Title of chapter. In: Editor (s) Coordinator (s) (Eds / Coords) Book title: initial-final pages. Publisher. Edition. City, country

BOOK: Author (s). Year. Book title. Publisher. Edition. City, country.

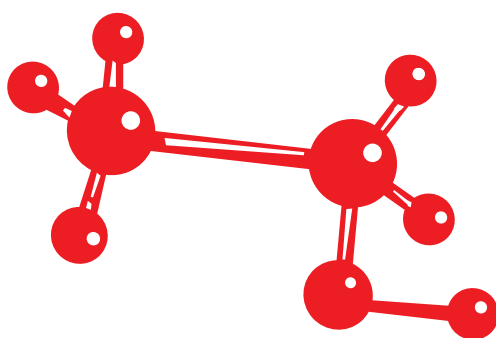
The Editorial Board, supported by external referees, will decide on the adequacy of the work to the editorial line of **Mol**, and shall forward a report to the authors that may suggest, when appropriate, the appropriate changes.

All type of collaboration for **Mol** should be sent to:

Science Society of Galicia

**Mol** Editor-in-Chief

[info@scg.org.es](mailto:info@scg.org.es)



**SCG**

***SOCIEDAD DE CIENCIAS DE GALICIA***  
***SCIENCE SOCIETY OF GALICIA***

---

**Pontevedra**  
**España - Spain**

---