

# Estudos em Biociências e Biotecnologia:

Desafios, Avanços  
e Possibilidades

Manuel Simões  
(organizador)

 EDITORA  
ARTEMIS  
2023

VOL III

# Estudos em Biociências e Biotecnologia:

Desafios, Avanços  
e Possibilidades

Manuel Simões  
(organizador)

VOL III

 EDITORA  
ARTEMIS  
2023



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

<b>Editora Chefe</b>	Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira
<b>Editora Executiva</b>	M. <sup>a</sup> Viviane Carvalho Mocellin
<b>Direção de Arte</b>	M. <sup>a</sup> Bruna Bejarano
<b>Diagramação</b>	Elisangela Abreu
<b>Organizador</b>	Prof. Dr. Manuel Simões
<b>Imagem da Capa</b>	Vivilweb/123RF
<b>Bibliotecário</b>	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

#### Conselho Editorial

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba  
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil  
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal  
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México



Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*  
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca, Espanha*  
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República, Uruguay*  
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara, México*  
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal, Canadá*  
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*  
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal  
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*  
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg, Suécia*  
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura, Peru*  
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío, Chile*  
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College, Estados Unidos*  
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha, Espanha*  
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal  
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil  
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*  
Prof. Dr. José Cortez Godínez, Universidad Autónoma de Baja California, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid, Espanha*  
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia*  
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil  
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*  
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*  
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil  
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil  
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México  
Prof. Dr. Odara Horta Boscolo, *Universidade Federal Fluminense*, Brasil  
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil  
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil  
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil  
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University*, Russia  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal  
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil  
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia  
Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León*, Espanha

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

E82 Estudos em biociências e biotecnologia [livro eletrônico] : desafios, avanços e possibilidades: vol. III / Organizador Manuel Simões. – Curitiba, PR: Artemis, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-81701-10-9

DOI 10.37572/EdArt\_301123109

1. Ciências biológicas. 2. Biotecnologia. 3. Biomedicina.  
I.Simões, Manuel.

CDD 574

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**



## PREFÁCIO

O volume III da edição “Estudos em Biociências e Biotecnologia: Desafios, Avanços e Possibilidades” disponibiliza ao leitor um conteúdo essencialmente focado no estudo de plantas e interfaces para dar resposta a desafios científicos e sociais específicos. O desenvolvimento de conhecimento científico e de tecnologia para a produção sustentável de plantas, bem como o seu processamento e valorização é fundamental para a transição para uma bioeconomia e para a resposta a objetivos de desenvolvimento sustentável, estabelecidos pela Assembleia Geral das Nações Unidas. O livro está organizado em 12 capítulos que focam essencialmente a investigação molecular de plantas, estudos de fisiologia, fitopatologia, cultivo e processamento, e novas aplicações de plantas e das suas moléculas (produtos fitoquímicos).

Manuel Simões

<https://orcid.org/0000-0002-3355-4398>

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y GENÉTICA DEL AGUACATE CRIOLLO EN NUEVO LEÓN, MÉXICO

María Genoveva Álvarez Ojeda

Víctor Pecina Quintero

Efraín Acosta Díaz

Isidro Humberto Almeyda León

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231091](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231091)

### **CAPÍTULO 2..... 12**

ACTIVIDAD FOTOSINTÉTICA ASOCIADA CON EL INTERCAMBIO GASEOSO DE NUEVE MORFOTIPOS DEL CULTIVO DE *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavon - MASHUA

Chacón Campana Máximo Américo

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231092](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231092)

### **CAPÍTULO 3..... 38**

LOCALIZACIÓN DE ANTOCIANINAS Y DUREZA DEL ENDOSPERMO EN GERMOPLASMA DE MAÍZ AZUL

Germán Fernando Gutiérrez-Hernández

José Luis Arellano-Vázquez

Luis Fernando Ceja-Torres

Estela Flores-Gómez

Patricia Vázquez-Lozano

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231093](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231093)

### **CAPÍTULO 4..... 44**

PARDEAMIENTO Y PORCENTAJE DE BROTACIÓN EN TUBÉRCULOS DE CLONES Y VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) INFECTADOS POR *Candidatus Liberibacter solanacearum*

Margarita Díaz Valasis

Víctor Manuel Parga Torres

María Genoveva Álvarez Ojeda

Ángel Ismael Narváez Rodríguez

Isidro Humberto Almeyda León

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231094](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231094)

**CAPÍTULO 5..... 54**

ATAQUE DE *Frankliniella williamsi* HOOD (*Thysanoptera*: Thripidae) EN CULTIVARES DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) EN TABASCO, MÉXICO

Dante Sumano López

Mario Rodríguez Cuevas

Víctor Hugo Arias López

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231095](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231095)

**CAPÍTULO 6.....62**

DISEÑO BOX-BEHNKEN USANDO EL CRITERIO DE DESEABILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE CELULASAS POR *Aspergillus niger* ITV 02 A PARTIR DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR DESLIGNIFICADO

Marin I. Infanzón-Rodríguez

Daniel A. Zavala-Ortiz

Javier Gómez-Rodríguez

Maria Guadalupe Aguilar-Uscanga

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231096](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231096)

**CAPÍTULO 7.....76**

IDENTIFICACIÓN DE *MELOIDOGYNE JAVANICA* NEMATODO AGALLADOR EN BEGONIA CULTIVAR COCKTAIL

Ramón Rodríguez Blanco

José Israel Rodríguez Barrón

Elia Cruz Crespo

Fabiola Cinco García

Miguel Díaz Heredia

Kennedy Antonio Cortez Isiordia

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231097](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231097)

**CAPÍTULO 8..... 84**

XANTONAS COMO AGENTES TERAPÉUTICOS PARA ENFERMEDADES INFLAMATORIAS DE LA PIEL





Mario E. Cancino-Díaz

Gabriel Betanzos-Cabrera

Juan C. Cancino-Díaz

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231098](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231098)



<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>96</b>
RESISTÊNCIA BACTERIANA E COMPOSTOS NATURAIS: APLICAÇÃO DESTE CONCEITO NA APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS	
<p>Maria José Saavedra  Manuel Simões  Conceição Fernandes</p>	
 <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231099">https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231099</a>	
<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>106</b>
CAMBIOS EN LA VEGETACIÓN DEL MANGLAR ENTRE 2009-2017 EN EL SISTEMA LAGUNAR DE CHACAHUA-PASTORÍA, OAXACA	
<p>Cristian Tovilla Hernández  Rita Lorena Salas Roblero  Erika María Villatoro Arreola</p>	
 <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_30112310910">https://doi.org/10.37572/EdArt_30112310910</a>	
<b>CAPÍTULO 11.....</b>	<b>133</b>
INFLUENCIA DEL ESTRÉS HÍDRICO EN EL CRECIMIENTO DEL FRUTO Y EN LA FORMACIÓN DE ACEITE EN EL CULTIVO DEL OLIVO	
<p>Javier Hidalgo Moya  Juan Carlos Hidalgo Moya  Ana Leyva Bollero  María del Carmen Jiménez Muñoz  Daniel Pérez Mohedano  Victorino Vega Macías</p>	
 <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_30112310911">https://doi.org/10.37572/EdArt_30112310911</a>	
<b>CAPÍTULO 12.....</b>	<b>141</b>
DESHIDRATACIÓN DE CHILE HABANERO PARTE I: EXPERIMENTACIÓN Y MODELADO	
<p>Carlos Orozco-Alvarez  Gisela Palma-Orozco  Jonathan Alcántara-Melgar  Sergio García-Salas  Enrique Hernández-Sánchez</p>	
 <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_30112310912">https://doi.org/10.37572/EdArt_30112310912</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR .....</b>	<b>150</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>151</b>

## CAPÍTULO 2

### ACTIVIDAD FOTOSINTÉTICA ASOCIADA CON EL INTERCAMBIO GASEOSO DE NUEVE MORFOTIPOS DEL CULTIVO DE *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavon - MASHUA

Data de submissão: 06/11/2023

Data de aceite: 20/11/2023

**Chacón Campana Máximo Américo**

Universidad Nacional de

San Antonio Abad del Cusco

Facultad de Ciencias Biológicas

<https://orcid.org/0000-0002-3714-365X>

**RESUMEN:** *Tropaeolum tuberosum* R.&P. – mashua, es una planta alimenticia, originaria de la región andina, posee una gran variabilidad morfológica; por lo que la importancia de realizar trabajos fisiológicos, comparativos de su actividad fotosintética, interrelacionados con las condiciones medio ambientales, con capacidad adaptativa a la variación climática, cobra importancia. Se analiza la influencia de factores ambientales en su trabajo fotosintético y productividad, asociada con el intercambio gaseoso, tales como transpiración, tasa fotosintética, conductancia estomática, temperatura, radiación lumínica, radiación fotosintética activa (PAR), relacionado con su estructura anatómica, área foliar, y producción, de manera comparativa. El análisis anatómico se realizó en cortes histológicos y observaciones

con microscopio óptico. La evaluación de los diferentes parámetros fisiológicos se utilizó el equipo Photosynthesis System modelo CI-340, (IRGA). La investigación se realizó en campo abierto en los establecimientos de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco a una altura de 3365 m, 13°31'16" latitud sur, 71°57'53" longitud oeste. Los tubérculos de los morfotipos seleccionadas provienen del Jardín de germoplasma de la Comunidad Campesina de Viacha, distrito de Pisac provincia de Calca, Región Cusco. Por la anatómica foliar de *Tropaeolum tuberosum* R&P – mashua, presenta un mesófilo con parénquima de empalizada y parénquima esponjoso el que corresponde a una plantas tipo C3, por el tipo de metabolismo de anhídrido carbónico. La Radiación Fotosintéticamente Activa medida varían entre 468.82 y 1229.68  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ . El anhídrido carbónico atmosférico en el campo experimental varía entre 246.2 a 338.4 ppm y una retención por el mesófilo de entre 93 y 191.80 ppm. Una fotosíntesis neta de 18.0 a 31.93  $\mu\text{mol}/\text{CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ . Existe diferencia significativa por lo menos para más de dos morfotipos para la relación radiación fotosintéticamente activa, fotosíntesis neta, y transpiración. Existe una correlación positiva entre área foliar, área foliar específica con la producción de tubérculos por morfotipos; así como área foliar específica y conductancia estomática.

**PALABRA CLAVE:** Ecofisiología. Anatomía *Tropaeolum tuberosum*.

## PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY ASSOCIATED WITH GAS EXCHANGE FROM NINE MORPHOTYPES OF *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavon MASHUA

**ABSTRACT:** *Tropaeolum tuberosum* R. & P. - Mashua, is a food plant, native to the Andean region, it has great morphological variability; reason why the importance of carrying out physiological work, comparative of its photosynthetic activity, interrelated with environmental conditions, with adaptive capacity to climatic variation, becomes important. The influence of environmental factors on their photosynthetic work and productivity, associated with gas exchange, such as transpiration, photosynthetic rate, stomatal conductance, temperature, light radiation, active photosynthetic radiation (PAR), related to its anatomical structure, leaf area, is analyzed. , and production, comparatively. The anatomical analysis was performed in histological sections and observations with an optical microscope. Physiological parameters measurements were carried out by using Photosynthesis System model CI-340 based on infra-red rays for gas analysis (IRGA). The mesophyll of *T. tuberosum* R. & P., has a palisade parenchyma and spongy parenchyma which corresponds to a C3 plant, because of the carbon dioxide metabolism. Photosynthetically active radiation (PAR) ranged from 468.82 to 1229.68  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ . Atmospheric carbon dioxide 246.2 to 338.4 ppm, mesophilic retention 93 to 191.80 ppm and Net photosynthesis 18.0 to 31.93  $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ . There is a significant difference in at least two morphotypes in photosynthetically active radiation, net photosynthesis, and transpiration. No significant correlation was found between leaf area, specific leaf area with tuber production by morphotypes; as well as specific foliar area and stomatal conductance.

**KEYWORDS:** Ecophysiology. Gas exchange. CO<sub>2</sub>. *Tropaeolum tuberosum*

### 1 INTRODUCCIÓN

*Tropaeolum tuberosum* R.&P. – mashua, es una planta originaria de la región andina, su cultivo está catalogado como el cuarto en importancia en esta zona después de la papa, oca y papalisas. Se cultiva desde Colombia hasta el norte de Argentina y Chile, es conocida con diferentes nombres en cada país: mashua, mashwa (Perú y Ecuador); isaño, año, k'isaño (Perú y Bolivia), mashwallo, masuko, mascho (Perú), cubio (Colombia) (Tapia, 1992; Arbizu *et al.*, 1993). Sus tubérculos poseen un alto valor nutricional, Presentan elevada diversidad; de allí la importancia de realizar trabajos fisiológicos, comparativos de su actividad fotosintética, interrelacionados con las condiciones medio ambientales, con capacidad adaptativa a la variación climática. Por lo que en el presente trabajo se analiza la influencia de factores ambientales en su trabajo fotosintético y productividad, asociada con el intercambio gaseoso, tales como transpiración, tasa fotosintética, conductancia estomática, temperatura, radiación lumínica, radiación fotosintética activa (PAR), relacionado con su estructura anatómica, área foliar, materia seca, a partir de ello recomendar el control de algunos factores ambientales para mejorar el rendimiento, encaminando al mejoramiento genético.

Los recursos vegetales nativos y su variabilidad intraespecífica, merecen especial atención debido al alto riesgo de erosión genética a la que están expuestos.

## 2 MATERIALES

### 2.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se realizó en campo abierto en los establecimientos de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco a una altura de 3365 m, 13°31'16" latitud sur, 71°57'53" longitud oeste.

Los tubérculos de las accesiones (morfortipos) seleccionadas provienen del Jardín de germoplasma de la Comunidad Campesina de Viacha, distrito de Pisac provincia de Calca, Región Cusco.

Fig. 1. *Tropaeolum tuberosum* accesión -ACC-46 - A1.



#### Datos de pasaporte

	N° Acc	Dpto.	Provincia	Distrito	Localidad	Altitud	Latitud Sur	Longitud Oeste	Nombre Comun
A1	ACC-46	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Q'ello Cachun Wacachi

Fig. 2. *Tropaeolum tuberosum* accesión ACC23 - A2-



	N° Acc	Dpto.	Provincia	Distrito	Localidad	Altitud	Latitud Sur	Longitud Oeste	Nombre Comun
A2	ACC-23	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Q'ello Trompus

Fig. 3. *Tropaeolum tuberosum* accession ACC39 – A3-



	<b>N° Acc</b>	<b>Dpto.</b>	<b>Provincia</b>	<b>Distrito</b>	<b>Localidad</b>	<b>Altitud</b>	<b>Latitud Sur</b>	<b>Longitud Oeste</b>	<b>Nombre Comun</b>
A3	ACC-39	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Yurac Yanañahui

Fig.4. *Tropaeolum tuberosum* accession ACC14 – A4-



	<b>N° Acc</b>	<b>Dpto.</b>	<b>Provincia</b>	<b>Distrito</b>	<b>Localidad</b>	<b>Altitud</b>	<b>Latitud Sur</b>	<b>Longitud Oeste</b>	<b>Nombre Comun</b>
A4	ACC-14	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Puka Marcos

Fig.5 *Tropaeolum tuberosum* accession ACC49 – A5-



	<b>N° Acc</b>	<b>Dpto.</b>	<b>Provincia</b>	<b>Distrito</b>	<b>Localidad</b>	<b>Altitud</b>	<b>Latitud Sur</b>	<b>Longitud Oeste</b>	<b>Nombre Comun</b>
A5	ACC-49	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Puka Qasqa

Fig.6. *Tropaeolum tuberosum* accession ACC-29 – A6-



	<b>N° Acc</b>	<b>Dpto.</b>	<b>Provincia</b>	<b>Distrito</b>	<b>Localidad</b>	<b>Altitud</b>	<b>Latitud Sur</b>	<b>Longitud Oeste</b>	<b>Nombre Comun</b>
A6	ACC-29	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Puka Soqo

Fig.7 *Tropaeolum tuberosum* accession ACC27 – A7-



	<b>N° Acc</b>	<b>Dpto.</b>	<b>Provincia</b>	<b>Distrito</b>	<b>Localidad</b>	<b>Altitud</b>	<b>Latitud Sur</b>	<b>Longitud Oeste</b>	<b>Nombre Comun</b>
A7	ACC-27	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Yana Ruckii

Fig.8 *Tropaeolum tuberosum* accession ACC21 – A8-



	<b>N° Acc</b>	<b>Dpto.</b>	<b>Provincia</b>	<b>Distrito</b>	<b>Localidad</b>	<b>Altitud</b>	<b>Latitud Sur</b>	<b>Longitud Oeste</b>	<b>Nombre Comun</b>
A8	ACC-21	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Yana Pitiquiña

Fig.9. *Tropaeolum tuberosum* accesión ACC3 – A9-



	N° Acc	Dpto.	Provincia	Distrito	Localidad	Altitud	Latitud Sur	Longitud Oeste	Nombre Comun
A9	ACC-3	Cusco	Calca	Lamay	Huama	3692	13°20'14,3"	71°52'11,0"	Sayllaseray

## 2.2 EQUIPO DE CAMPO

- Photosynthesis System modelo CI-340 .

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 INSTALACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Se sembraron tres surcos de siete golpes por morfotipo, separados 80 cm entre surcos y 40 cm entre golpe, haciendo un total de 21 golpes por cada accesión, con un total de 27 surcos con 189 golpes.

Para la evaluación se tomaron las cinco plantas centrales de cada surco, dejando las plantas laterales por estar expuestas a condiciones medioambientales diferentes.

### 3.2 CORTES HISTOLÓGICOS

Las porciones de órganos vegetativos se fijaron en solución FAA (formol, alcohol, ácido acético) por espacio mínimo de 48 horas, antes de realizar la deshidratación y fijación en parafina. Los cortes se realizaron en micrótopo, para luego ser coloreados con colorantes ácidos y básicos y ser observados al microscopio compuesto y su descripción.

### 3.3 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS

Las plantas fueron evaluadas en los períodos de crecimiento vegetativo, y floración, entre las 9 y 13 horas, tomando las cinco plantas centrales de cada surco, de la siguiente manera:

- En el período de crecimiento vegetativo se evaluó a los 85, 116 y 137 días de su siembra.
- En el período de floración a 162 días de su siembra a 30 y 50% de floración.
- La cosecha se realizó a los 220 días de su siembra.

La evaluación de los diferentes parámetros fisiológicos se realizó utilizando el equipo Photosynthesis System modelo CI-340, que emplea rayos infra-rojos para el análisis de gases (IRGA).

Los parámetros evaluados fueron:

- Concentración interna de CO<sub>2</sub>
- Diferencia de presión de vapor
- Temperatura interna
- Conductancia estomática
- Radiación fotosintéticamente activa
- Fotosíntesis neta
- Transpiración

### 3.4 ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis y presentación de datos se utilizó Excel (2016) del paquete Microsoft Office y el programa R (V.3.5.1) para el análisis estadístico y creación de gráficos.

Para la presentación de datos de potencial hídrico, área foliar y densidad de estomas se utilizó la media y el error estándar, con la finalidad de realizar comparaciones con trabajos de investigación similares.

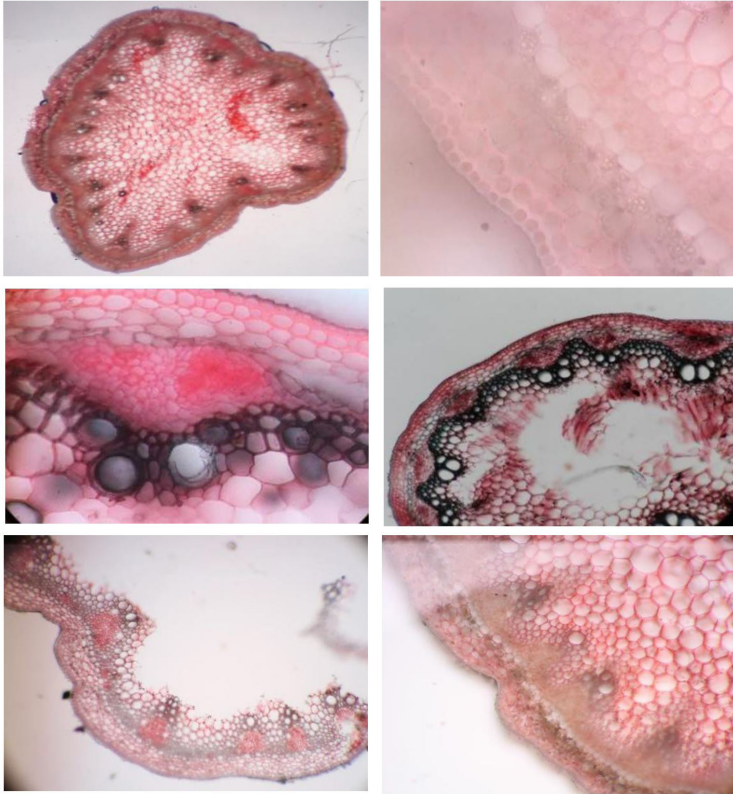
## 4 RESULTADOS

### 4.1 DESCRIPCIÓN ANATÓMICA DE TROPAEOLUM TUBEROSUM R. & P

**Anatomía caular.**- En un corte transversal el tallo es irregularmente cilíndrico, presenta un tejido epidérmico continuo, formado por células circulares, con paredes primarias y capa cuticular gruesas y continuas, debajo de la cual se diferencia una sola capa de células colenquimatosas del tipo laminar, inmediatamente debajo se diferencia las células parenquimatosas del cortex. El cilindro central se diferencia claramente por la capa celular del periciclo, que se muestran de color claro y formado por células de mayor tamaño, en cuya parte interior se diferencia la eustela, coformada por el floema primario hacia el exterior y el xilema hacia el interior, dispuestos de manera discontinua, con una médula amplia en la parte central.



Fig.10. Corte transversal de tallo de *Tropaeolum tuberosum* Mashua.



**Anatomía foliar.-** Las hojas son de tipo hipoestomático, debido a que presentan estomas únicamente en la superficie abaxial, son de tipo anomocítico, dispuestos sin ningún orden, las células epidérmicas de la superficie adaxial son grandes isodiamétricas, sin espacios intercelulares, con la superficie libre ondulada que le da un brillo característico. La epidermis abaxial es un tanto irregular, presenta células de menor tamaño comparadas con los de la superficie adaxial, pudiendo ser algunas células semiglobosas, expandidas pudiendo ser del tipo glanduloso. El mesófilo presenta un parénquima de empalizada, conformada por células cilíndricas alargadas, conformada por una sola capa celular, que ocupan mas de la mitad de este mesófilo; el parénquima esponjoso está conformado por células cortas globosas o alargadas. El tejido vascular se dispone debajo de mesófilo esponjoso.

Fig.11: Corte transversal de hoja de *Tropaeolum tuberosum* Mashua.

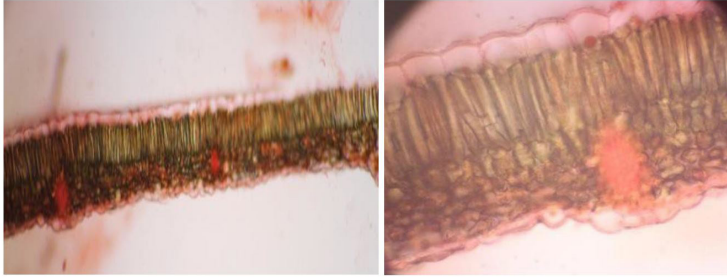
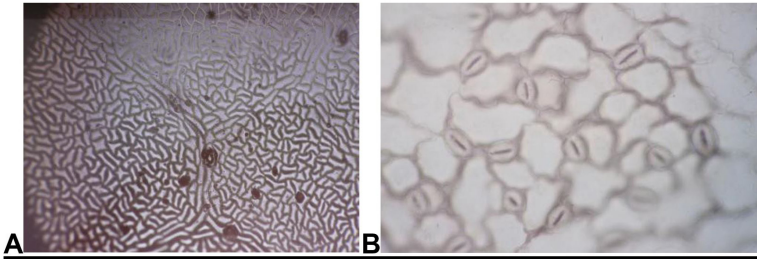
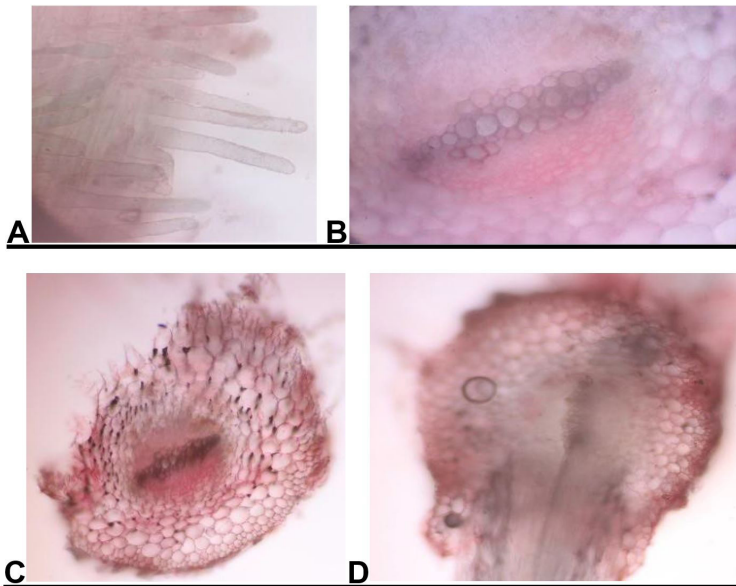


Fig.12: Epidermis foliar A superficie adaxial, B superficie abaxial de *Tropaeolum tuberosum*.



**Anatomía radicular.-** La estructura radicular presenta una epidermis densamente poblada por pequeños pelos absorbentes. La zona cortical es amplia en comparación al tallo, y presenta un cilindro vascular tipo diarca por que presenta dos polos protoxilemáticos, de cuyos extremos se ramifican.

Fig.13: *Tropaeolum tuberosum* – raíz A pelos absorbentes. B-C corte radial. D ramificación.



## 4.2 EVALUACIÓN ECOFISIOLÓGICA

Se evaluaron siete parámetros en cultivo de mashua por morfotipos y por estadio del cultivo -vegetativo y -floración, bajo condiciones de: presión atmosférica de 68.1 KPa, temperatura ambiental directa promedio de 32.64 °C, anhídrido carbónico atmosférico variante de 246.2 a 338.4 ppm, humedad atmosférica de 59.5 a 68.167%.

Tabla 1. Descripción de los parámetros evaluados.

Nº	Abreviatura	Descripción	Unidades
1	Int_CO2	Concentración interna de CO2	µmol/mol
2	H2O_dif	Diferencia de presión de vapor	kPa
3	Internal_T	Temperatura interna	°C
4	C	Conductividad estomática	mmol/m <sup>2</sup> s
5	PAR	Radiación fotosintéticamente activa	µm/m <sup>2</sup> s
6	Net_Photosint	Fotosíntesis neta	µm/m <sup>2</sup> s
7	E	Transpiración	mmol/m <sup>2</sup> s

### 4.2.1 Evaluación por morfotipo

Se obtuvieron promedios de los siete parámetros evaluados por morfotipo de mashua.

Tabla 2. Parámetros evaluados por morfotipos de mashua (parte 1).

Morfotipos	Int_CO2		H2O_dif		Internal_T		C	
	x	SE	x	SE	x	SE	x	SE
1A	121.40	10.52	0.77	0.02	31.70	0.45	229.80	8.94
2A	175.36	6.42	1.47	0.17	37.08	0.93	515.29	28.28
3A	159.75	8.08	0.93	0.13	36.11	0.29	366.25	61.08
4A	93.00	8.32	1.22	0.11	39.48	0.83	409.20	2.39
5A	182.00	5.57	1.23	0.14	34.75	0.40	595.07	50.17
6A	172.82	6.27	0.72	0.11	35.32	0.81	260.73	39.95
7A	191.80	8.03	0.85	0.20	36.12	0.28	357.00	23.10
8A	187.78	6.43	1.00	0.10	33.95	0.32	522.10	49.18
9A	178.69	16.76	0.59	0.09	28.16	0.35	411.75	32.19

Donde X: promedio, SE: error estándar.

Tabla 3. Parámetros evaluados en los morfotipos de mashua (parte 2).

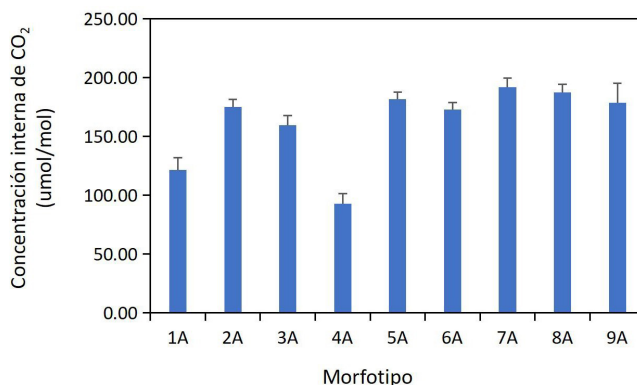
Morfotipos	PAR		Net_Photosint		E	
	x	SE	x	SE	x	SE
1A	606.79	100.13	23.23	2.17	5.58	0.19
2A	1229.68	155.75	27.64	1.74	9.47	0.93
3A	777.43	100.84	27.96	2.20	7.43	0.62
4A	1150.29	200.36	23.71	2.69	8.50	0.74
5A	1217.36	136.68	24.00	1.95	8.25	0.83
6A	701.80	127.41	19.59	2.55	6.31	0.63
7A	494.29	74.34	31.93	2.23	11.48	1.04
8A	721.12	75.69	19.09	2.47	11.39	0.45
9A	468.82	17.48	18.00	1.14	5.51	0.47

Donde X: promedio, SE: error estándar.

#### 4.2.1.1 Concentración interna de CO<sub>2</sub>

La concentración interna de CO<sub>2</sub> promedio en los cultivos de mashua fue de 162.51 μmol/mol, siendo el morfotipo 4A el que presentó el menor valor con 93.00 μmol/mol y el morfotipo 7A el que presentó el mayor promedio con 191.80 μmol/mol.

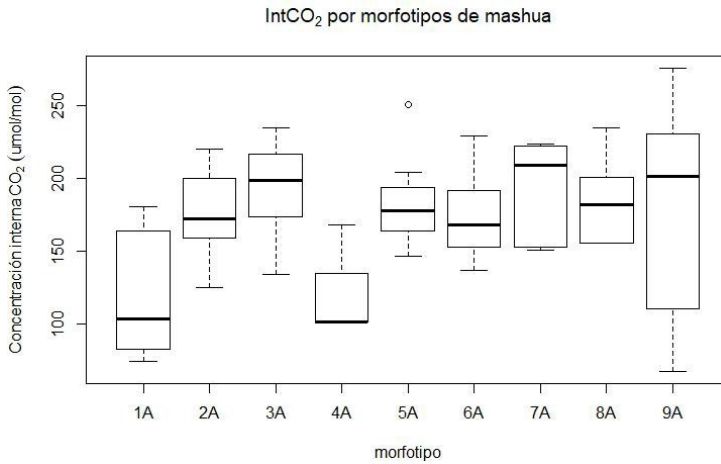
Fig. 14. Diagrama de barras de la concentración interna de CO<sub>2</sub> por morfotipos de mashua.



#### - Comparación entre morfotipos de mashua

El morfotipo 9A presentó valores más dispersos, mientras que el morfotipo 5A fue el que presentó valores más concentrados, aunque con un dato atípico.

Fig. 15. Diagrama de cajas de la concentración interna de CO<sup>2</sup> por morfotipos.



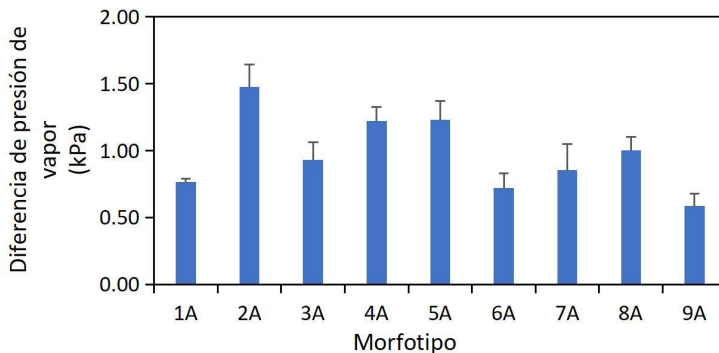
Debido a que los datos resultaron normales, se realizó un análisis de ANOVA para la comparación, encontrando que sí existe una diferencia significativa entre los morfotipos de mashua estudiados o al menos dos morfotipos son estadísticamente diferentes.

Se realizó una prueba de Tukey para realizar la comparación entre pares de morfotipos, encontrando que sólo los promedios de los morfotipos 1A y 3A son estadísticamente diferentes.

#### 4.2.1.2 Diferencia de presión de vapor

La diferencia de presión de vapor promedio en los cultivos de mashua fue de 0.98 kPa, siendo el morfotipo 9A el que presentó el menor valor con 0.59 kPa y el morfotipo 2A el que presentó el mayor promedio con 1.47 kPa.

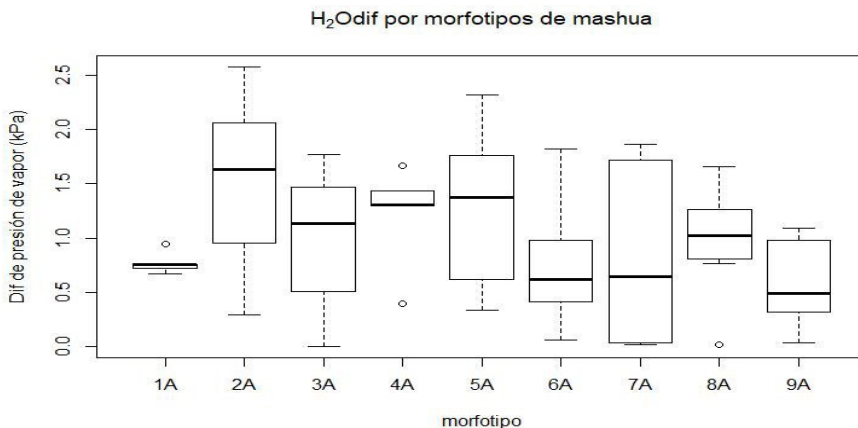
Fig. 16. Diagrama de barras de la diferencia de presión de vapor por morfotipos de mashua.



### - Comparación entre morfotipos de mashua

Los morfotipos 2A, 5A y 7A presentaron valores más dispersos, mientras que el morfotipo 1A fue el que presentó valores más concentrados, aunque con un dato atípico.

Figura 17. Diagrama de cajas de la diferencia de presión de vapor por morfotipos.



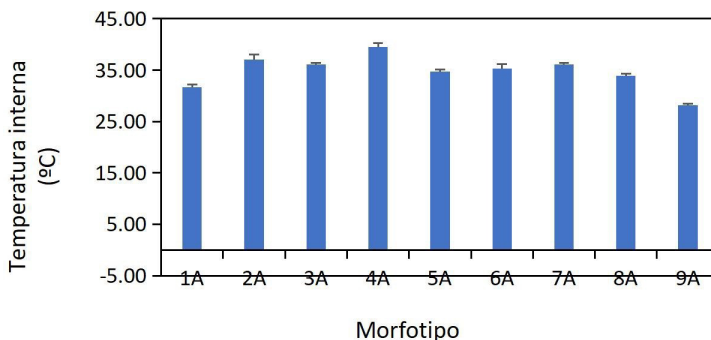
Debido a que los datos resultaron normales, se realizó un análisis de ANOVA para la comparación, encontrando que sí existe una diferencia significativa entre los morfotipos de mashua estudiados o al menos dos morfotipos son estadísticamente diferentes.

Se realizó una prueba de Tukey para realizar la comparación entre pares de morfotipos, encontrando que sólo los promedios de los morfotipos 2A y 9A son estadísticamente diferentes.

#### 4.2.1.3 Temperatura interna

La temperatura interna promedio en los cultivos de mashua fue de 34.74 °C, siendo el morfotipo 9A el que presentó el menor valor con 28.16 °C y el morfotipo 4A el que presentó el mayor promedio con 39.48 °C.

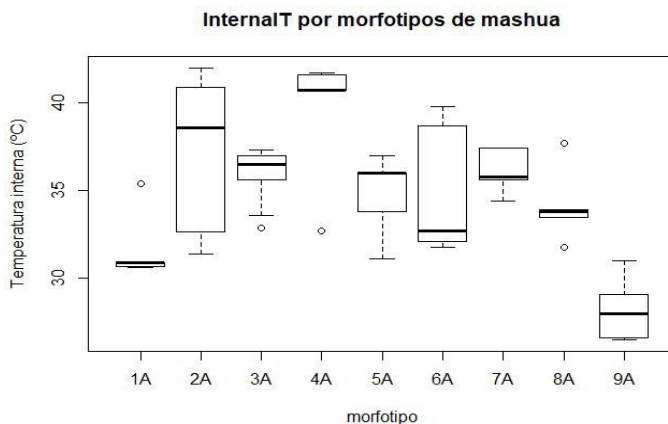
Fig. 18. Diagrama de barras de la temperatura interna por morfotipos de mashua.



### - Comparación entre morfotipos de mashua

Los morfotipos 2A y 6A presentaron valores más dispersos, mientras que los morfotipos 1A y 8A presentaron valores más concentrados con uno o dos valores atípicos.

Fig. 19. Diagrama de cajas de la temperatura interna por morfotipos.



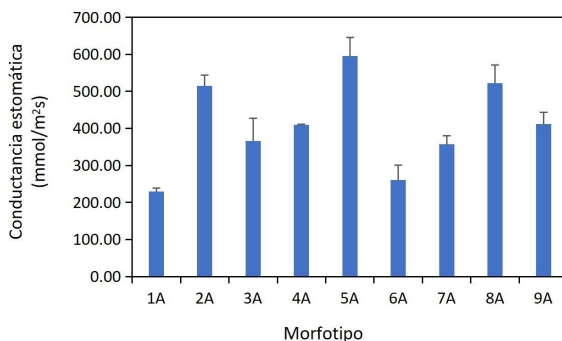
Debido a que los datos resultaron normales, se realizó un análisis de ANOVA para la comparación, encontrando que sí existe una diferencia significativa entre los morfotipos de mashua estudiados o al menos dos morfotipos son estadísticamente diferentes.

Se realizó una prueba de Tukey para realizar la comparación entre pares de morfotipos, encontrando que existe diferencia significativa entre los morfotipos 1A y 2A; 1A y 4A; 2A y 9A; 3A y 9A; 4A y 5A; 4A y 8A; 4A y 9A; 5A y 9A; 6A y 9A; 7A y 9A; y finalmente entre 8A y 9A.

#### 4.2.1.4 Conductancia estomática

La conductancia estomática promedio en los cultivos de mashua fue de 407.46 mmol/m<sup>2</sup>s, siendo el morfotipo 1A el que presentó el menor valor con 229.80 mmol/m<sup>2</sup>s y el morfotipo 5A el que presentó el mayor promedio con 595.07 mmol/m<sup>2</sup>s.

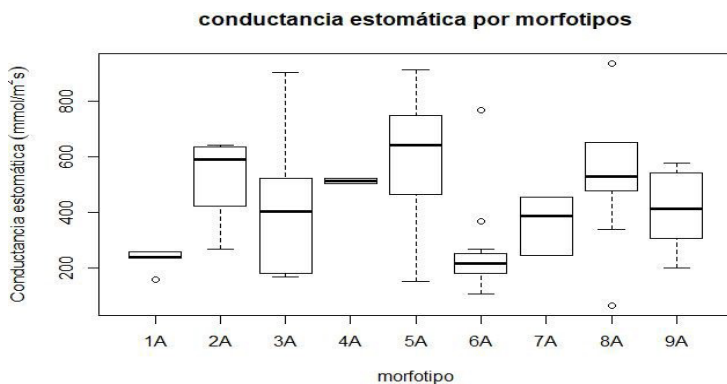
Figura 20. Diagrama de barras de la conductancia estomática por morfotipos de mashua.



### - Comparación entre morfotipos de mashua

Los morfotipos 3A y 5A presentaron valores más dispersos, mientras que los morfotipos 1A y 4A presentaron valores más concentrados.

Fig. 21. Diagrama de cajas de la conductancia estomática por morfotipos.

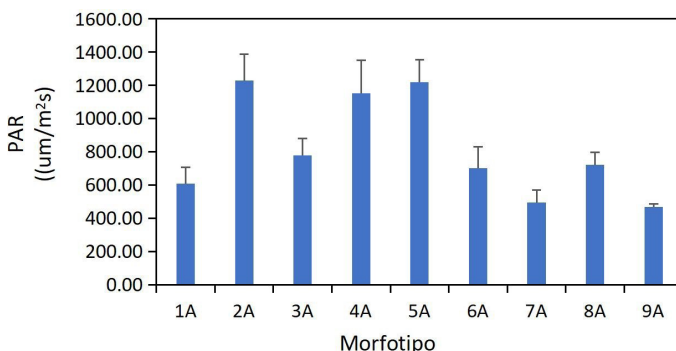


Con la prueba de Wilcoxon-Mann Whitney encontrando que existe diferencia significativa entre el morfotipo 1A con 2A, 4A, 5A y 8A; el morfotipo 2A con 6A y 9A; el morfotipo 4A con 6A y 7A; el morfotipo 5A con 6A, 7A y 9A; el morfotipo 6A con 8A; y finalmente el morfotipo 7A con 8A

#### 4.2.1.5 Radiación fotosintéticamente activa

La radiación fotosintéticamente activa promedio en los cultivos de mashua fue de  $818.62 \mu\text{m}/\text{m}^2\text{s}$ , siendo el morfotipo 9A el que presentó el menor valor con  $468.82 \mu\text{m}/\text{m}^2\text{s}$  y el morfotipo 2A el que presentó el mayor promedio con  $1229.68 \mu\text{m}/\text{m}^2\text{s}$ .

Fig. 22. Diagrama de barras de la radiación fotosintéticamente activa por morfotipos de mashua.

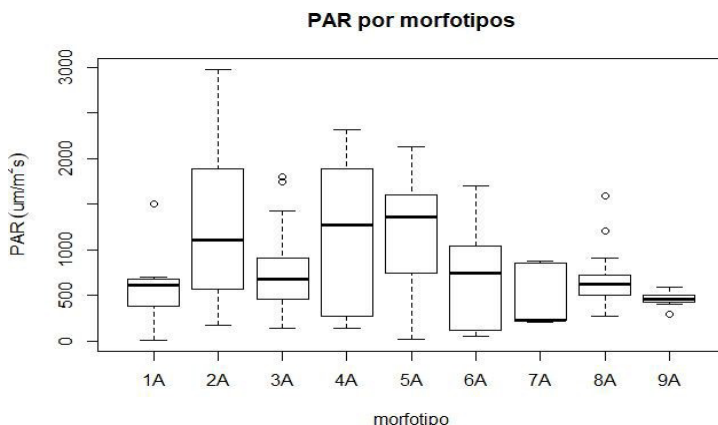


### - Comparación entre morfotipos de mashua

Los morfotipos 2A y 4A presentaron valores más dispersos, mientras que el morfotipo 9A presentó valores más concentrados.



Fig. 23. Diagrama de cajas de la radiación fotosintéticamente activa por morfotipos.



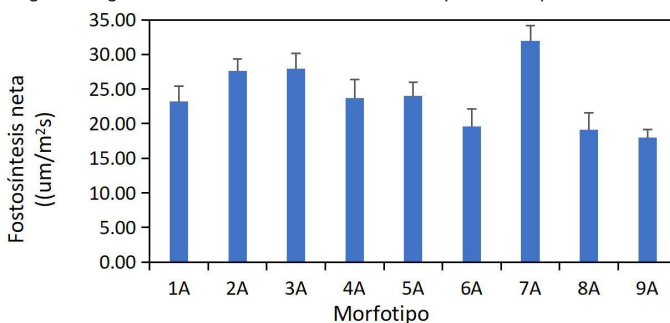
Debido a que los datos no presentan una distribución normal, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis para la comparación, encontrando que sí existe diferencia entre los morfotipos de mashua estudiados o al menos dos pertenecen a diferentes poblaciones.

Se realizó la comparación entre pares de morfotipos, utilizando la prueba de Wilcoxon-Mann Whitney encontrando que existe diferencia significativa entre el morfotipo 1A con 5A; el morfotipo 2A con 6A 7A, 8A y 9A; el morfotipo 3A con 5A y 9A; el morfotipo 5A con 6A, 7A, 8A y 9A; y finalmente el morfotipo 8A con 9A.

#### 4.2.1.6 Fotosíntesis neta

La fotosíntesis neta promedio en los cultivos de mashua fue de  $23.91 \mu\text{m}^2\text{s}$ , siendo el morfotipo 9A el que presentó el menor valor con  $18.00 \mu\text{m}^2\text{s}$  y el morfotipo 7A el que presentó el mayor promedio con  $31.93 \mu\text{m}^2\text{s}$ .

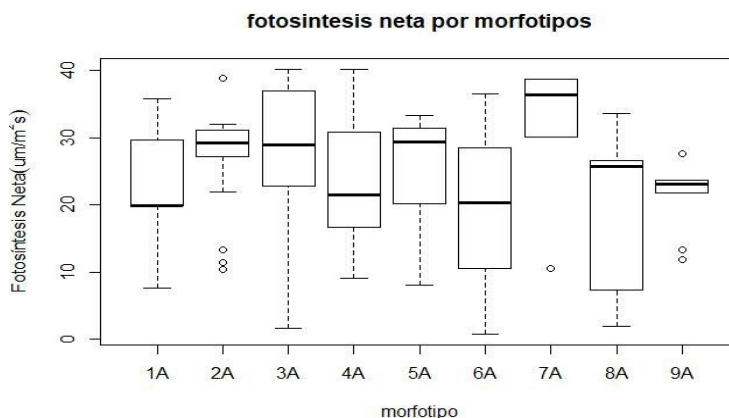
Fig. 24. Diagrama de barras de la fotosíntesis neta por morfotipos de mashua.



#### - Comparación entre morfotipos de mashua

Los morfotipos 3A y 6A presentaron valores más dispersos, mientras que el morfotipo 9A presentó valores más concentrados con tres datos atípicos.

Fig. 25. Diagrama de cajas de la fotosíntesis neta por morfotipos.



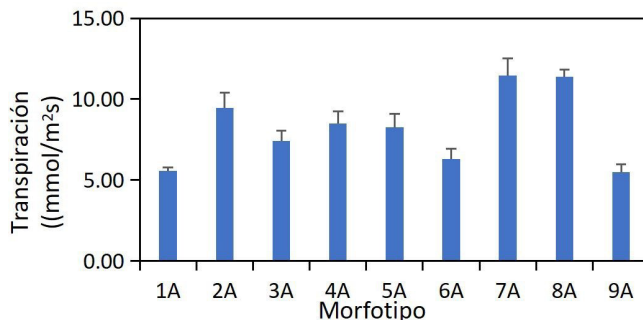
Debido a que los datos no presentan una distribución normal, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis para la comparación, encontrando que sí existe diferencia entre los morfotipos de mashua estudiados o al menos dos pertenecen a diferentes poblaciones.

Se realizó la comparación entre pares de morfotipos, utilizando la prueba de Wilcoxon-Mann Whitney encontrando que existe diferencia significativa entre el morfotipo 2A con 6A, 8A y 9A; el morfotipo 3A con 6A y 9A; el morfotipo 5A con 7A y 9A; el morfotipo 6A con 7A; y finalmente el morfotipo 7A con 8A y 9A.

#### 4.2.1.7 Transpiración

La transpiración promedio en los cultivos de mashua fue de  $23.91 \mu\text{m}^2/\text{s}$ , siendo el morfotipo 9A el que presentó el menor valor con  $18.00 \mu\text{m}^2/\text{s}$  y el morfotipo 7A el que presentó el mayor promedio con  $31.93 \mu\text{m}^2/\text{s}$ .

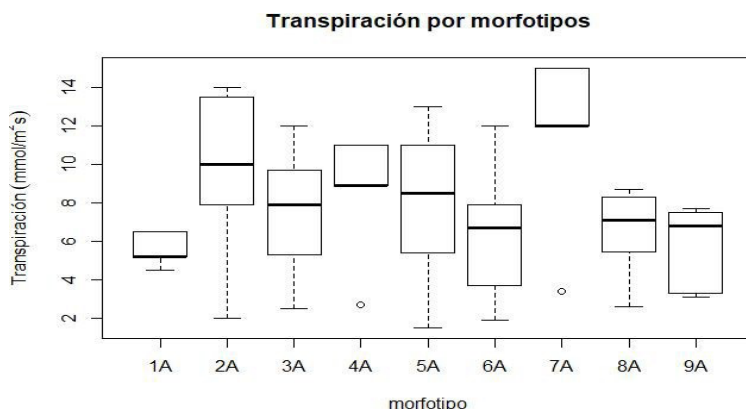
Fig. 26. Diagrama de barras de la transpiración por morfotipos de mashua.



#### - Comparación entre morfotipos de mashua

Los morfotipos 2A y 5A presentaron valores más dispersos, mientras que los morfotipos 1A y 4A presentaron valores más concentrados con un dato atípico.

Fig. 27. Diagrama de cajas de la transpiración por morfotipos.



Debido a que los datos no presentan una distribución normal, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis para la comparación, encontrando que sí existe diferencia entre los morfotipos de mashua estudiados o al menos dos pertenecen a diferentes poblaciones.

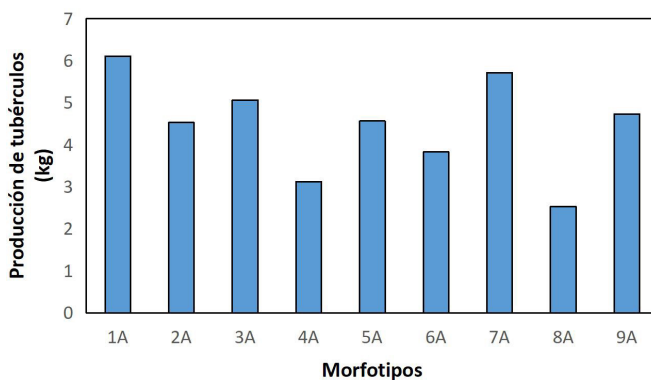
Se realizó la comparación entre pares de morfotipos, utilizando la prueba de Wilcoxon-Mann Whitney encontrando que existe diferencia significativa entre el morfotipo 2A con 6A y 9A; el morfotipo 3A con 7A; el morfotipo 5A con 9A; y finalmente el morfotipo 7A con 9A.

#### 4.3 PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULOS POR MORFOTIPOS

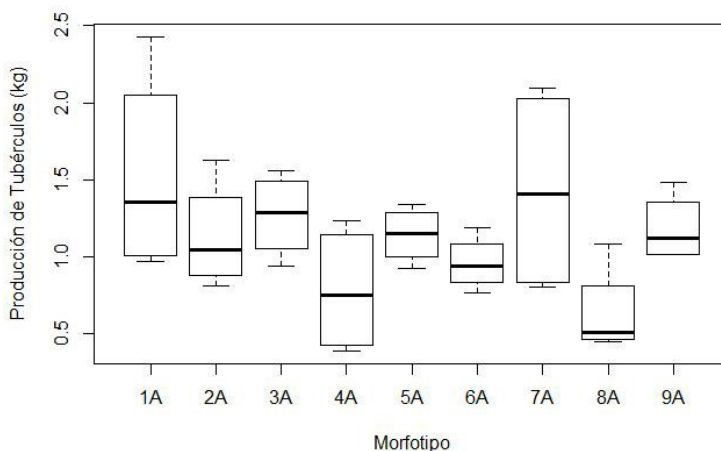
La producción promedio de tubérculos es 4.47 kg, siendo el morfotipo 8A el que tuvo menor producción y el morfotipo 1A el que tuvo mayor producción.

Tabla 31. Mediciones de la producción de tubérculos por morfotipos.

Morfotipo	SUMATORIA	PROMEDIO
<b>ACC1</b>	6.11	1.53
<b>ACC2</b>	4.53	1.13
<b>ACC3</b>	5.07	1.27
<b>ACC4</b>	3.12	0.78
<b>ACC5</b>	4.56	1.14
<b>ACC6</b>	3.83	0.96
<b>ACC7</b>	5.72	1.43
<b>ACC8</b>	2.53	0.63
<b>ACC9</b>	4.73	1.18



Se encontraron valores más dispersos de producción de tubérculos en el morfotipo 1A y 7A, mientras que los datos menos dispersos fueron encontrados en los morfotipos 5A y 6A.



No se encontró diferencia significativa entre la producción de tubérculos por morfotipos.

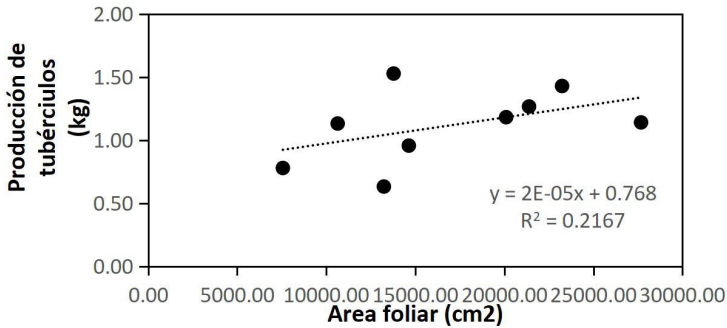
Tabla 32. Resultados de la prueba de ANOVA.

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	Valor F	Valor P
<b>Morfotipo</b>	8	2.671	0.3338	1.971	0.09
<b>residuos</b>	27	4.574	0.1694		

## 4.4 INTERRELACIONES

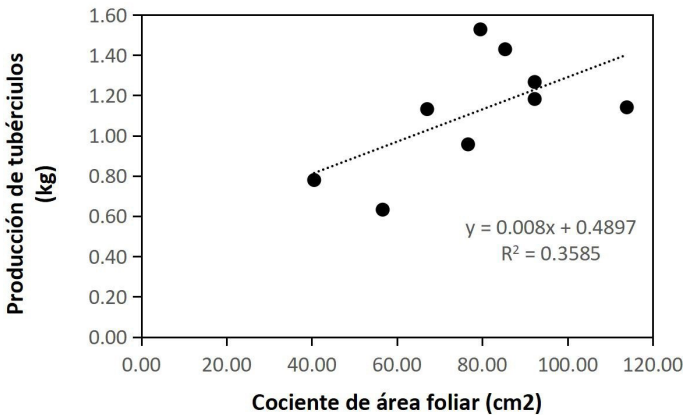
### 4.4.1 Relación entre el área foliar y la producción de tubérculos

La correlación encontrada entre el área foliar y la producción de tubérculos de mashua ( $r=0.47$ ), fue sólo de 21.67 % de los datos se ajustaron a la recta.



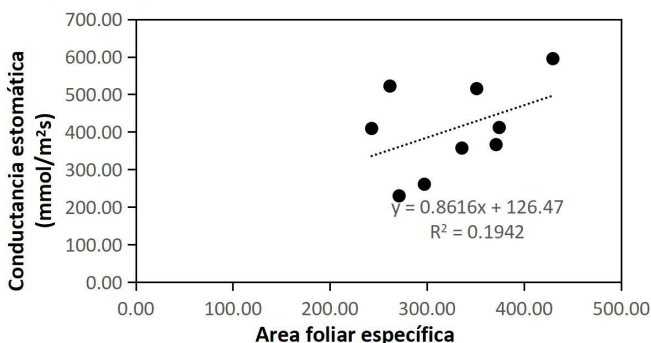
### 4.4.2 Relación entre el área foliar específica y la producción de tubérculos

Existe una correlación de 35.85% de los datos que se ajustaron a la recta, entre el área foliar específica y la producción de tubérculos de mashua ( $r=0.60$ ).



### 4.4.3 Relación entre el área foliar específica y la conductancia estomática

La correlación encontrada entre el área foliar específica y la producción de tubérculos de mashua ( $r=0.44$ ), sólo alcanzó el 19.42 % de los datos se ajustaron a la recta.



## 5 DISCUSIONES

- En la estructura anatómica de *Tropaeolum tuberosum* R&P- mashua, se coincide con el análisis y descripción que realizan Bulacio & Ponessa de presentar estomas hipoestomáticos, de estomas anomocíticos, tallo de eustela ectoflemática y raíces diarcas.
- La radiación fotosintéticamente activa, comparada con el cultivo de papa, obtenida por Wheeler y Tibbitts (1986); Vreugdenhil (2007) afirman que en las plantas de papa, la Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) la longitud de onda esta entre 400 y 700nm, es interceptada por el follaje que a su vez depende de las variedades. El desarrollo y acumulación de materia seca en los tubérculos es mayor a radiaciones continuas de 400  $\mu\text{moles}/\text{m}^2/\text{s}$  por periodos de 12 h de irradianza; en el tercio superior del follaje en el cultivo de papa, las hojas pueden absorber hasta 1200  $\mu\text{moles}/\text{m}^2/\text{s}$  y dejar pasar la Radiación Fotosintéticamente Activa restante a los tercios medio e inferior del follaje para ser aprovechada en estos niveles de radiación inferiores a 250  $\mu\text{moles}/\text{m}^2/\text{s}$ , fotones generan efectos negativos en cuanto a la distribución de biomasa, lo cual coincide con los valores obtenidos para el cultivo de mashua cuyos valores varían entre 468.82  $\mu\text{moles}/\text{m}^2/\text{s}$  y 1229.68  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ .
- El valor de la temperatura según Sarquis (1996), Haverkort (1990), Yuan y Bland, (2004), Vreugdenhil (2007) indican que el cultivo de papa se adapta a climas fríos tropicales con temperaturas medias entre 15 y 18°C en el suelo y en el aire, a temperaturas más altas favorecen el desarrollo de follaje y retardan la tuberización, en este caso se acercó a estos valores encontrándose fluctuación entre 12°C a 20°C en tanto a la temperatura interna foliar hasta de 32 °C.

- Según Medina, E. (2005) indica que la concentración natural del CO<sub>2</sub> en el aire esta entre 300 a 350 ppm, es un factor limitante de la fotosíntesis, el valor de CO<sub>2</sub> atmosférico medido en el campo experimental varía entre 246.2 a 338.4 ppm y con una captación por el mesófilo foliar de entre 93 y 191.80 ppm. entre estos valores considerados, la retención de CO<sub>2</sub> por el cultivo de mashua se comporta de manera normal dentro de estos parámetros.
- Loyla R. (2015) en su trabajo sobre cultivo de papa mostro variaciones de fotosíntesis neta de 6.79  $\mu\text{mol /CO}_2 \text{/m}^2 \text{/ s}$ ; 16.27  $\mu\text{mol /CO}_2 \text{/m}^2 \text{/ s}$  y 23.50  $\mu\text{mol /CO}_2 \text{/m}^2 \text{/ s}$ . Los valores obtenidos en el presente trabajo fue de 18.0  $\mu\text{mol /CO}_2 \text{/m}^2 \text{/ s}$  y 31.93  $\mu\text{mol /CO}_2 \text{/m}^2 \text{/ s}$ , siendo mayor comparado con el cultivo de papa.
- El índice de área foliar según Gómez (1999) el máximo valor se da en las etapas de floración e inicio de tuberización en cambio en el cultivo de mashua el máximo valor de índice de área foliar se alcanza en el estadio de prefloración.
- TAN.- La tasa de asimilación neta como indicador de la eficiencia fotosintética promedio presentó los mayores valores en la etapa de crecimiento vegetativo y se coincide con Segura (2006), debido a que las plantas se encontraban al inicio de desarrollo de hojas, en el trabajo realizado por Gaitán y González (1999) hallaron valores entre 12,4 y 18,4 mg/cm<sup>2</sup>/semana y los valores hallados en el trabajo fue de 17.15 y 22.15 mg/cm<sup>2</sup>/semana.

## 6 CONCLUSIONES

- De acuerdo a la estructura anatómica foliar de *Tropaeolum tuberosum* R&P – mashua, presenta un mesófilo con parénquima de empalizada y parénquima esponjoso el que corresponde a una plantas tipo C3, por el tipo de metabolismo de anhídrido carbónico.
- Los factores como concentración de anhídrido carbónico, agua, temperatura y humedad intervienen de manera conjunta en la fotosíntesis, tasa de asimilación neta y productividad del cultivo.
- Existe diferencia significativa por lo menos para más de dos morfotipos para radiación fotosintéticamente activa, fotosíntesis neta, y transpiración.
- La correlación entre área foliar, área foliar específica con la producción de tubérculos por morfotipos; así como área foliar específica y conductancia estomática fue poco significativa.

## BIBLIOGRAFÍA

**Acuña, E.** (2010). *Estadística no Paramétrica*. UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGUEZ.

**Alisdair, R.F. y L. Willmitzer.** (2001). Molecular and biochemical triggers of potato tuber development. *Plant. Physiol.* 127, 1459-1465.

**Allen, E.** (1978). *The potato crop. The scientific basis for improvement*. Second edition. Harris and Hall, London. Azcón-Bieto, J. y M.

**Arbizu, C y Tapia, M,** 1992, "Tubérculos Andinos". Colección FAO: Producción y Protección vegetal Nº 26, FAO, Roma, Italia.

**Arsenault, W. J.; Cristie, B. R.** (2004). Effect of wholese edtubersize and pre-plants toragecondition sonyield and tubersize distribution of RussetBurbank. *American Journal of Potato Research* (81), 371-376.

**Bateman, J.,** 1961, Una Prueba Exploratoria de la alimentación usando *Tropaeolum tuberosum*. Turrialba.

**Beukema, H.P. & D.E. Van der Zaag.** (1990). *Introduction to Potato Production*. Pudoc, Wageningen, 208 pp.

**Bulacio, Eva; Graciela Ponessa.** 2012. "Morfología y anatomía de órganos vegetativos de *Tropaeolum tuberosum ssp. silvestre* (Tropealaceae)". *Lilloa* 49 (1). San Miguel de Tucumán, Argentina.

**Brown, C.R.** (1993). Origin and history of the potato. *Amer. Pot. J.* 70, 63-373.

**Burton, W.G.** (1966). *The Potato. A survey of it shistory and factors influencing gitsyield, nutritivevalue, quality and storage*. H. Vennman and Zonen N.V.Wageningen, 382 pp.

**Chacón, Máximo; Quispe, Cinthia; Baudoin, J.Pierre; Moscoso, Edwin** 2014. *Catálogo de Tropaeolum tuberosum R. & P. AÑU. CIUF-Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*.

**Chacón, O,** 1960, "Estructura y Variabilidad de Mashua". Instituto de Interamericano de Ciencias Agrarias, Turrialba, Costa Rica.

**Clavijo, J.** (1989). Análisis de crecimiento en malezas. *Revista Comalfi*, (15), 1 2-16 pp.

**Conn, J. y V. Cochran.** (2006). Response of potato (*S.tuberosum L.*) to elevated atmospheric CO<sub>2</sub> in the North American Subarctic. *Agr. Ecosyst. Environ.* 112, 49-57.

**Collasos, C.** 1996, " Tablas Peruanas de Composición de Alimentos". Ministerio de Salud, 7º edición Instituto Nacional de Salud, Lima, Perú.

**Cortes, H.** 1981, "Avances de la Investigación en tres Tubérculos Andinos", Huaraz. Serie Ponencias, Resultados, Recomendaciones de eventos técnicos. Nº235. Bogota, Colombia.

**Dwelle, R. B.** (2003). *Potato Growth and Development*, in: *Potato Production Systems*. STARK, J. C.; LOVE, S. L. (Eds.). Idaho Center of Potato Research and Education, 9-19 pp.

**Eckardt, F. E.** (1965). "Rem.arques prélim.inaires concernant la Méthodologie de Éco-physiologie végétale et Organisation du Colloque de Montpellier.En: *Methodology of Plant Ecophysiology*. Proc. Montpellier SYITlp. Unesco, Paris.



- Espejo-Ruiz, M.** (2017). Estimación de la desviación estándar. *Estadística Española*, 59(192), 37–44.
- Ewing, E. y P. Wareing.** (1978). Shoot, stolon and tuber formation on potato (*S. tuberosum* L.) cuttings in response to photoperiod. *Plant Physiol.* 61, 348-353.
- FAO statistics.** En: <http://www.fao.org>, 4p.; consulta: septiembre de 2010.
- FAO (2006).** Estado de la inseguridad alimentaria en el mundo, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Farrar, J.F. y M.L. Williams.** (1991). The effects of increased atmospheric carbon dioxide and temperatura on carbon partitioning, source sink relations and respiration. *Plant Cell Environ.* 14, 819- 830.
- Finnan, J.; A. Donnelly; J. Burke y M. Jones.** (2002). The effects of elevated concentrations of carbón dioxide and ozone on potato (*S. tuberosum* L.) yield. *Agr. Ecosyst. Environ.* 88, 11-22.
- Foyer, C. and M. Paul.** (2001). Source-Sink Relationships. pp.11. In: *Encyclopedia of Life Sciences.* Nature Publishing Group, United Kingdom.
- Gawronska, H.; R.B. Dwelle; J.J. Pavék y P. Rowe.** (1984). Partitioning of photoassimilates by for potato clones. *Crop Sci.* 24, 1031-1036.
- Girardin, C. A. J., Silva Espejob, J. E., Doughty, C. E., Huaraca Huasco, W., Metcalfe, D. B., Durand-Baca, L., Malhi, Y.** (2013). Productivity and carbon allocation in a tropical montane cloud forest in the Peruvian Andes. *Plant Ecology & Diversity.*
- Gómez, C; Buitrago, C; Cante, M; Huertas, B.** 1999. Ecofisiología de papa (*Solanum tuberosum*) utilizada para cultivo fresco y para la industria. En: *Revista Comalfi.* Vol. XXVI. No. 1 – 3. Bogotá, D.C., pp. 42 – 55.
- Hay, R. y A. Walker.** (1989). Anintroduction to the physiology of cropyield. Second edition. Chapingo, México.
- Haverkort, A.J.** (1990). Ecology of potatocropping systems in relation to latitude and altitude. *Agric. Syst.* (32), 251-272 pp.
- Hawkes, J.G.** (1990). *The Potato. Evolution, Blodiversity and Genetic Resources,* Smithsonian Institute Press. Washington D.C. 250 pp.
- Hay, R. y A. Walker.**(1989). An introduction to the physiology of cropyield. Second edition. Chapingo, México.
- Herrera, F. 1921.** Contribución a la flora del departamento del Cuzco. Primera parte. Universidad del Cuzco, Peru.
- Hijmans, R.** (2001). Global distribution of the potato crop. *Amer. J. Pot. Res.* 78(6), 403-412.
- Högy, P. y A. Fangmeier.** (2009). Atmospheric CO2 enrichment affects potatoes: 1. Aboveground biomass production and tuber yield. *Eur. J.Agron.* 30, 78-84.
- Hunt, R.** (1978). *Plant growthanalysis.* Edward Arnold Publishers, London. 67 p.
- Huynh, K.L.** 1967. Caryosystème dans le genre *Tropaeolum* L.1: *T. cochabambae* Buch., *T. pubescens* H.B.K., et *T. tricolor* Sweet. *Bulletin de la Société Botanique de Suisse* 77:309–313. Johns & Torres (1981).

- Hodge, W.H.** 1951. Three native tuber foods of the high Andes. *Economic Botany* 5(2):185–201.
- KJAER, A.** 1978, “Seed Volatiles Within the Family Tropaeolaceae”. *Phytochemistry*.
- Körner, CH. & Diemer, M.** (1987). In situ Photosynthetic Responses to Light, Temperature and Carbon Dioxide in Herbaceous Plants from Low and High Altitude. *Functional Ecology* 1(3), 179-194 pp.
- Kooman, P. L.; M. Fahem; P. Tegera y A. Haverkort.** (1996). Effects of climate on different potato genotypes 2. Dry matter allocation and duration of the growth cycle. *Eur. J. Agron.* 5, 207-217.
- Ku, S.B.; G. Edwards y C. Tanner.** (1977). Effects of light, carbon dioxide, and temperature on photosynthesis, oxygen inhibition of photosynthesis, and transpiration in *S. tuberosum*. *Plant Physiol.* 59, 868-872.
- Krug, H.** (1997). Environmental influences on development growth and yield. En: H.C. Wien (ed.) *The physiology of vegetable crops*. CABI Publishing. London, pp. 101 - 180.
- Larcher, W.** (2003). *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and stress Physiology of Functional Groups*. Alemania: Springer. 513 p.
- Lorenzen, J. y E. Ewing.** (1992). Starch accumulation in leaves of potato (*S. tuberosum* L.) during the first 18 days of photoperiod treatment. *Ann. Bot.* 69, 481–485.
- Mackerron, D. K y P. D. Waister.** (1983). Light interception and drymatter accumulation in potato cultivars of contrasting habit. *Potatoes*, (26), 88- 89 pp.
- Medina Ernesto.** (2014). *Introducción a la ecofisiología vegetal*. Caracas. Venezuela: The General Secretariat of the Organization of American States Washington, D.C.
- Menzel, C.M.** (1985). The control of storage organ formation in potato and other species. *Field Crops* 38, 527-537.
- Morales, D. and J. Rea.** 1982. Evaluación de germoplasma de tubérculos Andinos. Pp. 317– 320 in *Tercer congreso internacional de cultivos andinos*, La Paz, Bolivia Delhey y Monasterios 1977).
- Nelson, D.C. & M.C. Thoreson.** (1981). Competition between potatoes (*Solarium tuberosum* L.) and weeds. *Weed Science*,( 29), 672-677pp.
- Nosberger, J. y E. Humpries.** (1965). The influence of removing tuber on dry matter production and net assimilation rate of potato plants. *Ann. Bot.* 29, 579-588.
- Patrick, J.W. and C.E. Offler.** (1996). Post-sieve element transport of photo assimilates in sink regions. *Journal of Experimental Botany* 47 (Special Issue): 1165-1177.
- Piikki, K.; V.Vorne; K.Ojanpera y H. Pleijel.** (2006). Impact of elevated O<sub>3</sub> and CO<sub>2</sub> exposure on potato (*S.tuberosum* L. cv. Bintje) tuber.
- Pocco, P.** 1976, “Biología Floral del Isaño (*Tropaeolum tuberosum* R et P)” Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Técnica del Altiplano. Puno, Perú.
- Reigosa M, Nuria P, Sánchez A.** (2003) *Ecofisiología vegetal: Una Ciencia de síntesis*. Thompson. Australia. 1993 p.
- Roitsch, T.** 1999. Source-sink regulation by sugar and stress. *Current Opinion in Plant Biology* 2(3): 198-206.

**Schapendonk, A.; V. Oijen; P. Dijkstra; C. Pot; W. Jordi y G.M. Stoop.** (2000). Effects of elevated CO<sub>2</sub> concentration on photosynthetic acclimation and productivity of two potato cultivars grown in open-top chambers. *Aust. J. Plant Physiol.* 27, 1119-1130.

**Shalom, Diego.** (2016). *Introducción a estadística.*

**Sonnewald, W.** (2001). Control of potato tuber sprouting. *Trends Plant Sci.* 6(8), 333-335.

**Soria, S.L., R. Vega, V.D. Damsteegt, L.L. McDaniel, S.L. Kitto and T.A. Evans.** 1998. Occurrence and partial characterization of a new mechanically transmissible virus in mashua from the Ecuadorian highlands. *Plant Disease* 82(1):69-73.

**Sukumaran, N.P. y C.D. Weiser.** (1972). Freezing injury in potato leaves. *Plant Physiol.* 50, 564-567.

**Talón.** (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal.* Second edition. Interamericana McGraw-Hill, Madrid.

**Taiz, L. y E. Zeiger.** (2006). *Plant physiology.* Forth edition. Sinauer Associates Inc. Publ., Massachusetts, MA.

**Tekalign, T. y P.S. Hammes.** (2005). Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth II. Growth analysis, tuberyield and quality. *Scientia Hort.* (105), 29- 44 pp.

**Terrazas, F. and F. Valdivia.** 1998. Spatial dynamics of *in situ* conservation: handling the genetic diversity of Andean tubers in mosaic systems. *Plant Genetic Resources Newsletter* 114:9-15.

**Turgeon, R. and R. Medville.** (2004). Phloem loading. A reevaluation of the relationship between plasmodesmatal frequencies and loading strategies. *Plant Physiology*:136: 3795-3803.

**Vallenas, M.** 1977, "Biología Floral en Isaño (*Tropaeolum tuberosum* R et P)". I Congreso Internacional de Cultivos Andinos. Ayacucho, Perú.

**Van-Delden, A.; A. Pecio y A. Haverkort** (2000). Temperature Response of Early Foliar Expansion of Potato and Wheat. *Ann. Bot.* 86, 355-369.

**Wardlaw, I.F.** (1990). Tansley Review No. 27 The control of carbon partitioning in plants. *New Phytologist* 116(3): 341-381.

**Wheeler, R.M. y T.W. Tibbits.** (1986). Growth and tuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.) under continuous light. *Plant Phys.* 80, 801-804.

**Wilson, J.W.** (1981). Analysis of growth, photosynthesis and light interception for single plants and stands. *Annals of Botany* 48: 507-512.

## SOBRE O ORGANIZADOR

**Manuel Simões** é licenciado em Engenharia Biológica e doutorado em Engenharia Química e Biológica. Atualmente é Professor Associado com Agregação e Pró-Diretor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), e investigador sénior do Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia (LEPABE) do Departamento de Engenharia Química da FEUP. Nos últimos anos esteve envolvido em 10 projetos nacionais (5 como investigador principal) e 6 projetos europeus. Foi membro do comité de gestão da ação COST BACFOODNET (Rede Europeia para Mitigação da Colonização e Persistência Bacteriana em Alimentos e Ambientes de Processamento de Alimentos) e esteve envolvido em outras 2 ações: iPROMEDAI e MUTALIG. Manuel Simões tem mais de 190 artigos publicados em revistas indexadas no Journal of Citation Reports, 4 livros (1 como autor e 3 como editor) e mais de 40 capítulos em livros. Ele é Editor Associado para o jornal Biofouling - The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research (o periódico mais antigo sobre pesquisa em biofilme), Editor Associado para o jornal Frontiers in Microbiology e Section Editor-in-Chief para o jornal Antibiotics. Seus principais interesses de pesquisa estão focados nos mecanismos de formação de biofilme e seu controlo com agentes antimicrobianos, particularmente usando novas moléculas antimicrobianas, e no uso de microalgas para tratamento de efluentes. É um dos investigadores mais citados do mundo (top 1%), tendo sido distinguido nos últimos dois anos no índice Essential Science Indicators, um dos mais prestigiados indicadores da qualidade de investigação.

Identificação SCOPUS: 55608338000; Nº orcid: 0000-0002-3355-4398

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aceite 1, 12, 38, 40, 44, 54, 62, 76, 80, 84, 96, 106, 133, 134, 135, 138, 139, 140, 141  
Aceituna 134, 136, 138, 139, 140  
Acné 84, 85, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95  
Aguacate criollo 1, 2, 3, 4, 9, 10  
Aleurona 38, 39, 40, 41, 42, 43  
Anatomía *Tropaeolum tuberosum* 12  
Antibióticos 88, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105  
Aplicabilidade 96, 103, 105

### B

Bactérias 78, 84, 88, 89, 92, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 105  
Begonia 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82  
Bioetanol 63, 64, 65, 68, 73, 74  
Box-Behnken 62, 63, 66, 72, 75  
Brotación 44, 45, 47, 48, 49, 50, 52

### C

Caracterización morfológica y genética 1, 2  
Celulasas 62, 63, 64, 65, 66, 69, 70, 72, 73, 74  
Chile habanero 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149  
Compostos-bioativos 96  
Conservación 65, 107, 131, 132, 145  
Cultivares 9, 10, 11, 54, 78

### D

Daños 54, 56, 78  
Deficitario 134, 135, 137, 138, 140  
Dermatitis atópica 84, 85, 86, 87, 88, 93  
Diferencias finitas 142, 145

### E

Ecofisiología 12, 35, 36  
Educação 96

Endospermo 38, 39, 40, 41, 42, 43

## I

Inflamación 84, 85, 86, 87, 88, 91, 92, 93

Invernadero 64, 76, 79, 82, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149

## M

Manglares 106, 107, 110, 118, 119, 122, 123, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132

Modelado 141, 142, 144, 145, 147, 148, 149

Monitoreo 106, 107, 108, 109, 112, 116, 120, 122, 126, 131, 132

Mortalidad 107, 109, 113, 114, 116, 118, 119, 122, 125, 126, 129

## N

Nematodo del nudo de la raíz 77

## O

Olivar 133, 134, 135, 139, 140

Optimización 62, 63, 65, 66, 70, 72

## P

Papa 13, 32, 33, 35, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 53

Pardeamiento 44, 45, 47, 48, 49, 51, 52

Patrones perineales 76, 77, 80, 81

Pericarpio 38, 39, 40, 41, 42, 142

Piel 84, 85, 86, 87, 88, 90, 92, 93, 144, 145, 146, 147, 148

Psoriasis 84, 85, 90, 91, 92, 93

Punta morada 44, 45, 46, 52, 53

## R

Regeneración 107, 114, 116, 119, 120, 122, 126, 129

Resistência 44, 57, 77, 89, 92, 96, 97, 98, 99, 103, 147, 148

Riego 3, 46, 108, 127, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140

## S

Secado 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149

## T

Trips 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61

*Tropaeolum tuberosum* 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 32, 33, 34, 36, 37

## X

Xantonas 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93

## Z

*Zea mays* 39