



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA



**Evaluación del crecimiento y la actividad  
fotosintética de frijol (*Phaseolus vulgaris*  
L.) Var. Productor cultivado en condiciones  
de inundación**

**T E S I S**

Que para obtener el título de

**B I O L O G A**

P R E S E N T A

**VILLEGAS MACEDO ANGÉLICA YURIDIA**

DIRECTOR DE TESIS:

DR. HUGO VIRGILIO PERALES VELA

UNIDAD DE MORFOLOGÍA Y FUNCIÓN  
LABORATORIO DE BIOQUÍMICA

TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO 2016





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Agradecimientos**

Haber realizado esta investigación me enorgullece y me llena de satisfacción como bióloga, pues me ha permitido crecer académica y personalmente; esta tesis representa mi primer gran objetivo de vida.

Me parece increíble cómo realizar una investigación te absorbe y te cambia totalmente la forma de ver las cosas: llegar a un grado de abstracción que te permita imaginar electrones saltarines y proteínas transportadoras... Honestamente fue difícil, pero no imposible.

Confirmando una vez más que estudiar biología ha sido la mejor decisión que pude haber tomado. Amo la biología, amo defender todo lo que la compone y por supuesto a todos los que permitieron que este sueño tan mío se hiciera realidad.

Agradezco infinitamente a mis padres, por su apoyo incondicional de toda la vida. Por haberme enseñado a entregarlo todo y aferrarme a las oportunidades. Mamá, Papá ¡GRACIAS! se que dieron todo por verme cumplir este primer objetivo.

Al Doctor Hugo Virgilio Perales Vela, por su paciencia, tiempo y comprensión. Gracias por el valioso conocimiento que me transmitió cada día y su forma de hacernos sentir parte del laboratorio (Familia "bioquímica"). Siempre he admirado su forma de enseñar.

Agradezco a la Doctora Martha Ofelia Salcedo Álvarez, por su apoyo incondicional y la confianza que deposita en cada uno de nosotros.

Gracias a la Dra. Josefina Vázquez Medrano, al Dr. Manuel Mandujano Piña y a la Dra. Elvia Lucía Pavón Meza, por todos sus conocimientos y el tiempo que dedicaron a mi proyecto de tesis. Así mismo, agradezco a todos los profesores que a lo largo de la carrera contribuyeron en mi formación como Bióloga.

A mi hermanito Christopher y toda mi familia; pues gracias a todos ellos soy esta persona alegre y dedicada.

A Hagui A. Sánchez Carrillo; por todos los debates interminables y los sueños que se convirtieron en objetivos... sobre todo aquellos que nos hicieron madurar y crecer juntos.

Gracias a Carmen Bautista, mi hermosa roomie, por todas las risas y abrazos. Por tu apoyo incondicional.

A todos mis amigos, sobre todo a Yago, Esther, Isaac, Emmanuel y Montse, los quiero mucho.

Gracias a las becas otorgadas por la UNAM y el gobierno Mexicano pues representan un apoyo sustancial en la carrera profesional de muchos estudiantes como yo.

## Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Antecedentes</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Suelos inundados: Consecuencias físicas y químicas que afectan su productividad.</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Respuesta de las plantas a la inundación</b>	<b>7</b>
a. Germinación	8
b. Crecimiento de la raíz y nuevas formaciones	9
c. Crecimiento del vástago y área foliar	10
<b>2.3 Hormonas reguladoras</b>	<b>11</b>
<b>2.4 Alteraciones en el ciclo celular</b>	<b>17</b>
<b>2.5 Metabolismo celular (fotosíntesis y respiración)</b>	<b>18</b>
<b>2.6 Respuestas de aclimatación y mecanismos adaptativos</b>	<b>22</b>
a. Formación de raíces adventicias	23
b. Aerénquima	24
c. Formación de lenticelas	26
<b>3. Justificación</b>	<b>28</b>
<b>4. Objetivos</b>	<b>29</b>
4.1 Objetivo general	29
4.2 Objetivos particulares	29
<b>5. Materiales y Métodos</b>	<b>30</b>
5.1 Descripción del material biológico	30
5.2 Obtención de la planta.	30
5.3 Condiciones de ensayo.	31
5.4 Variables de respuesta.	31
5.4.1 Crecimiento.	31
5.4.2 Contenido de pigmentos fotosintéticos	32
5.4.3 Actividad metabólica.	32
a. Intercambio de Gases	32
b. Actividad respiratoria y Liberación de Oxígeno	32
c. Fluorescencia modulada	33
d. Emisión de fluorescencia de clorofila a	35
<b>6. Resultados y análisis</b>	<b>37</b>

<b>6.1 Crecimiento</b>	<b>37</b>
<b>6.2 Fijación de CO<sub>2</sub> e intercambio de gases</b>	<b>48</b>
<b>6.3 Liberación de oxígeno fotosintético</b>	<b>54</b>
<b>6.4 Pigmentos</b>	<b>57</b>
<b>6.5 Actividad Fotoquímica, transporte electrónico in vivo y disipación térmica</b>	<b>59</b>
6.5.1 Eficiencia cuántica operacional	59
6.5.2 Disipación No-Fotoquímica (NPQ)	62
6.5.3 Rendimiento fotoquímico primario en PSII	64
<b>7. Conclusiones</b>	<b>75</b>
<b>Literatura Citada</b>	<b>77</b>
<b>Apéndices</b>	<b>88</b>

## Índice de figuras

<i>Figura 1. Incremento en el número de inundaciones que han sido clasificadas como "desastre" en la base de datos internacional de desastres de la Universidad de Louvain, Belgica, en un periodo de 1950 al 2009.</i>	2
<i>Figura 2. Efecto de la inundación en el potencial Oxido-reducción y pérdida de nutrientes solubles</i>	5
<i>Figura 3. Consecuencias Metabólicas y Fisiológicas para una planta inundada</i>	8
<i>Figura 4. Ruta metabólica para la síntesis de etileno: Ciclo de Yang.</i>	12
<i>Figura 5. Esquema general de los procesos metabólicos modificados y respuesta de aclimatación</i>	16
<i>Figura 6. Diagrama del metabolismo de los carbohidratos en condiciones de anoxia/hipoxia.</i>	20
<i>Figura 7. Diagrama de las principales rutas que mantienen el metabolismo celular.</i>	21
<i>Figura 8. Adaptaciones Anatómicas y Morfológicas a la Hipoxia/Anoxia.</i>	23
<i>Figura 9. Modelo de inducción de apoptosis en células del cortex.</i>	25
<i>Figura 10. Corte transversal en raíces de maiz a 4 días de crecimiento.</i>	26
<i>Figura 11. Representación esquemática del protocolo de Genty, 1989, de fluorescencia modulada.</i>	34
<i>Figura 12. Fluorómetro portátil marca Pocket-PEA (Hansatech, UK) y pinzas de 10cm<sup>2</sup>.</i>	35
<i>Figura 13. Efecto de la inundación en el peso seco total de Phaseolus vulgaris var. "Productor".</i>	38
<i>Figura 14. Efecto de la inundación sobre el área foliar de Phaseolus vulgaris var. "Productor"</i>	39
<i>Figura 15. Efecto de la inundación sobre la razón vástago-raiz en plantas de de Phaseolus vulgaris var. "Productor"</i>	41
<i>Figura 16 Efecto de la inundación sobre la tasa media de crecimiento relativo en Phaseolus vulgaris var. "Productor".</i>	42

<i>Figura 17 Efecto de la inundación sobre la tasa media de crecimiento relativo foliar en a Phaseolus vulgaris var. "Productor".</i>	44
<i>Figura 18. Efecto de la inundación en la Tasa Foliar Unitaria de Phaseolus vulgaris var. "Productor".</i>	46
<i>Figura 19. Efecto de la inundación en la Razón de área foliar de Phaseolus vulgaris var. "Productor".</i>	47
<i>Figura 20. Efecto de la inundación en la tasa de fijación de CO<sub>2</sub> (μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) de Phaseolus vulgaris var. "Productor".</i>	49
<i>Figura 21. Efecto de la inundación sobre la conductancia estomática y tasa de transpiración de Phaseolus vulgaris var. "Productor".</i>	51
<i>Figura 22. Efecto de la inundación en hojas de Phaseolus vulgaris después de 7 días de inundación: hojas bifoliadas cloróticas.</i>	52
<i>Figura 23. Efecto de la inundación en raíces de Phaseolus vulgaris variedad Productor.</i>	53
<i>Figura 24. Efecto de la inundación en la liberación de oxígeno de Phaseolus vulgaris var. "Productor".</i>	54
<i>Figura 25. Efecto de la inundación en el consumo de oxígeno de Phaseolus vulgaris var. "Productor".</i>	56
<i>Figura 26. Efecto de la inundación en la tasa de transporte electrónico relativo (ETR= (ΦPSII*PAR) en Phaseolus vulgaris var. "Productor".</i>	60
<i>Figura 27. Efecto de la inundación en la disipación energética no fotoquímica (NPQ=Fm-Fm'/Fm') en Phaseolus vulgaris var. "Productor".</i>	64
<i>Figura 28. Modelo simplificado de los flujos energéticos cuantificables por la cinética de Kautsky.</i>	66
<i>Figura 29. Efecto de la inundación en el rendimiento cuántico máximo para la fotoquímica primaria (φPo) en Phaseolus vulgaris var. "Productor".</i>	67
<i>Figura 30. Efecto de la inundación en la eficiencia con la que un excitón mueve un electrón después de QA en Phaseolus vulgaris var. "Productor".</i>	68

Figura 31. Efecto de la inundación en el producto cuántico máximo para el transporte electrónico después de QB en PSII ( $\phi E_o$ ) de *Phaseolus vulgaris* var. "Productor". \_\_\_\_\_ 69

Figura 32. Efecto de la inundación en el producto cuántico máximo de disminución de excitación no fotoquímica ( $\Phi Do$ ) de *Phaseolus vulgaris* var. "Productor". \_\_\_\_\_ 70

Figura 33. Efecto de la inundación en el número de centros de reacción activos (RC) en *Phaseolus vulgaris* var. "Productor". \_\_\_\_\_ 71

Figura 34. Efecto de la inundación en el Índice de Performancia (PI) de *Phaseolus vulgaris* var. "Productor". \_\_\_\_\_ 72

## Índice de Cuadros

Cuadro 1. Parámetros obtenidos a partir de la prueba JIP y sus ecuaciones generales \_\_\_\_\_ 36

Cuadro 2. Efecto de la inundación en la concentración de pigmentos ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) en hojas de *Phaseolus vulgaris* variedad "Productor". \_\_\_\_\_ 57

Cuadro 3. Efecto de la inundación en el rendimiento cuántico para el transporte electrónico ( $\alpha$ ), el transporte electrónico máximo ( $P_{\text{max}}$ ) y el punto de saturación lumínica ( $I_K$ ) en hojas de *Phaseolus vulgaris* variedad "Productor". \_\_\_\_\_ 61

## Abreviaturas

ABA: ácido abscísico

ABS: absorbancia

ACC: Ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico

AG: Ácido Giberelético, también conocido como Giberelinas

AlOH: hidróxido de Aluminio

ANOVA: Análisis de varianza

ATP: Adenosín tri-fosfato

AUX: Auxinas

C: Carbono

Ca: Calcio

CC: Capacidad de campo

CH<sub>4</sub>: metano

Chl a: clorofila a

CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono

CQS: Citoquininas

Cu: Cobre

d: día (g cm<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>)

DNA: Ácido desoxirribonucleico

E<sub>h</sub>: Potencial redox

ERO's: Especies reactivas de oxígeno

ET: Etileno

Fe: Hierro

Fe<sup>2+</sup>: Ion hierro

FE<sub>3</sub>(OH)<sub>8</sub>: Hidróxido ferroso

FMS: flourometer modulated system

Fv/Fm: eficiencia fotoquímica primaria

gPS: gramos de Peso Seco

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: bicarbonato

IAA: Ácido indol acético

kPa: Kilo pascales

Mn: Manganese

Mn<sup>2+</sup>: Ion manganese

MnCO<sub>3</sub>: Carbonato de Manganese

mRNA: RNA mensajero

mV: milivolts

N: Nitrógeno

NH<sub>4</sub>: Amonio

nm: nanómetros

O<sub>2</sub>: Oxígeno

P: Fósforo

pH: potencial de hidrógeno

Pheo<sup>-</sup>: Feofitina reducida

PIB: Producto Interno Bruto

PSI: fotosistema I

PSII: Fotosistema II

RCOO<sup>-</sup>: ácidos tricarboxílicos

RNA: Ácido Ribo-nucleico

S: Azufre

v/v: volumen volumen

Zn: zinc

## Resumen

El cambio climático ha incrementado el número de inundaciones en el mundo, ocasionando pérdidas económicas y problemas sociales; la agricultura es uno de los sectores más afectados, pues su productividad depende de las condiciones climáticas y/o estacionalidad. En México, uno de los principales cultivos es el frijol (*Phaseolus vulgaris*); que además de ser una fuente proteica importante para sus consumidores, tiene su centro de origen y diversificación genética al sur del país.

Durante la inundación, el factor principal que inhibe el desarrollo de una planta es la deficiencia de oxígeno (hipoxia o anoxia). Se ha reportado que inhibe el crecimiento y la actividad fotosintética, además de presentar severas deficiencias energéticas pues la respiración oxidativa se detiene y en su lugar se realizan fermentación láctica y etanólica. Algunas plantas pueden desarrollar mecanismos adaptativos que le permiten sobrevivir largos periodos de hipoxia, sin embargo, cada especie se comporta de manera distinta dependiendo de su plasticidad genética; por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue analizar el crecimiento y la actividad fotosintética en *Phaseolus vulgaris* bajo condiciones de anegamiento.

Se germinaron semillas de *P. vulgaris* variedad Productor en condiciones de luz y temperatura controladas; tres días después se trasplantaron a macetas con agrolita-tierra negra (1:1) y se inundaron al brote de las hojas bifoliadas.

Los resultados muestran que el crecimiento se reduce, particularmente en la raíz, además de presentar senescencia prematura de las hojas bifoliadas, reduciendo significativamente el área foliar.

Durante los primeros siete días de inundación la concentración de pigmentos decae, los estomas se cierran y la fijación de  $\text{CO}_2$  se reduce con respecto al tratamiento control; afectando las tasas fotosintéticas y el transporte electrónico, que se inhibe ligeramente en el paso entre  $Q_A$  y  $Q_B$ .

A los 14 días de tratamiento las plantas inundadas forman raíces adventicias, a partir de ese momento todos los parámetros fotosintéticos se recuperan: la conductancia estomática y la transpiración aumentan significativamente y la síntesis de pigmentos se reinicia y el transporte electrónico se encuentra incluso más eficiente que en las plantas control; sin embargo, a los 21 días de tratamiento los valores disminuyen nuevamente.

## 1. Introducción

A lo largo de la historia en México se han desarrollado distintas fases de auge y declive en la agricultura; a pesar de los esfuerzos, las políticas actuales no han sido eficientes, de manera que permitan un óptimo desarrollo del productor, pero esta actividad ha sido y seguirá siendo bastante importante para el país, ya que proporciona seguridad alimenticia para el pueblo y una oportunidad de crecimiento económico pues el territorio mexicano posee un alto potencial productivo, grandes extensiones de tierra óptimas para la agricultura (FAO, 2009)

Actualmente el sector agrícola, aporta alrededor de un 4% al PIB nacional y representa la principal fuente de ingresos para 13% de la población económicamente activa, lo que representa unos 3.3 millones de agricultores y 4.6 millones de trabajadores asalariados y familiares no remunerados (McMahon *et al.*, 2011). De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2014), algunos de los cultivos más importantes para el país son el maíz, trigo y frijol (entre otros).

El frijol común, es un alimento de suma importancia para México y parte de Latinoamérica; esta planta pertenece al género *Phaseolus*, al que se le atribuyen generalmente entre 50 y 76 especies silvestres distribuidas en todo América (Gepts, 2001; Freytag y Debouck, 2002 referidos por Villarreal-Villagran 2011). Tiene su centro de origen y domesticación en la región de Mesoamérica; específicamente en el occidente-sur de México, que, por lo tanto, es el centro con mayor diversidad de especies del mismo género (Miranda-Colín, 1968).

Entre las especies de mayor importancia por su valor comercial se encuentra *Phaseolus vulgaris* L.; una planta Mexicana, domesticada, que se distribuye a todo lo largo de la República (Sánchez *et al.*, 2001; Jasso *et al.*, 2005), se cultiva en lugares cuya altura va desde el nivel del mar hasta los 2700 m. y se le atribuye una gran importancia alimenticia ya que junto con el maíz, constituye la manera

más eficiente de complementar la ingesta proteica diaria (Hernández-López *et al.*, 2013; Estrada *et al.*, 2007).

Existe una amplia variedad de *P. vulgaris*: los hay negros, azufrados, flores, bayos, pintos, ayocotes, espolón, ibes, combas y muchos otros más (Sánchez *et al.*, 2001). En México, el frijol negro representa cerca de 22% de todo el frijol producido y se siembra en casi todas las regiones Productoras, aunque se consume principalmente en el altiplano del centro y sureste de México (Castellanos *et al.*, 1997).

Las condiciones en que se desarrolla la agricultura, determinan su vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos. En particular, las prácticas agrícolas a cielo abierto y/o de temporal, son sensibles a cualquier alteración en la precipitación estacional (FAO y SAGARPA, 2012). En México, el 5.9% de las 145 millones de hectáreas dedicadas a la actividad agrícola, son cultivos de temporal altamente susceptibles al cambio climático y la modificación de los ecosistemas locales (FAO 2009; CONAGUA, 2015; Prieto *et al.*, 2014): tan solo en el periodo 2013-2014, 3 mil hectáreas agrícolas con riego de temporal y 12 mil hectáreas agrícolas con sistemas de riego mecanizado fueron reportadas como pérdidas debido a cambios medioambientales.

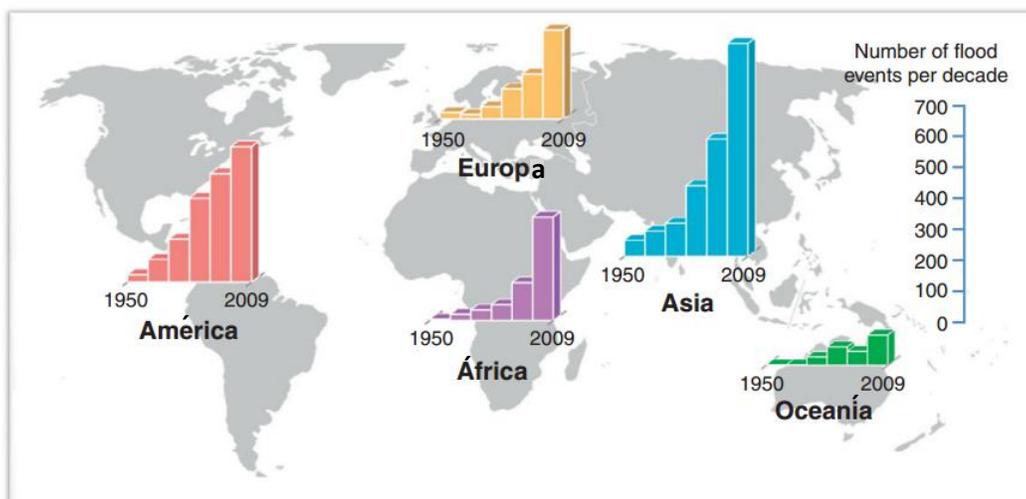


Figura 1. Incremento en el número de inundaciones que han sido clasificadas como "desastre" en la base de datos internacional de desastres de la Universidad de Louvain, Belgica, en un periodo de 1950 al 2009. Tomado de Bailey-Serres y colaboradores (2012).

En los últimos años, además del sector agrícola, el sector pecuario, rural y otros más, han sido afectados por distintos tipos de fenómenos hidro-meteorológicos como lluvias intensas e inundaciones (Figura 1) que ocasionan pérdidas económicas importantes en gran parte de la república (Salas y Jiménez, 2014; FAO y SAGARPA, 2012).

Cuando una planta es sometida a una situación de anegamiento el problema principal que limita su desarrollo es la falta de oxígeno. La condición de hipoxia o anoxia suprime las rutas metabólicas dependientes de  $O_2$ , especialmente aquellas que generan energía, por lo tanto se suprime la fotosíntesis y la asimilación del carbono, es decir; en ausencia de oxígeno el ciclo de Krebs no puede operar y el ATP es sintetizado solo por fermentación alcohólica, por lo tanto la ausencia de un recurso energético en las raíces interrumpe procesos fisiológicos en los brotes, inhibiendo el crecimiento y produciendo un decremento en la tasa fotosintética, principalmente ocasionado por el cierre estomático y su consecuente reducción en la transpiración y absorción de  $CO_2$  (Yordanova, 2004).

El cambio climático es un hecho, y las inundaciones o fuertes lluvias son fenómenos meteorológicos que afectarán al país año tras año, es importante establecer programas de manejo y prevención (FAO y SAGARPA, 2012), además de fomentar la investigación científica que dé paso a la búsqueda de soluciones o alternativas directas a cada uno de los fenómenos extremos.

Por lo anterior, es pertinente realizar una caracterización fisiológica de *Phaseolus vulgaris* en condiciones de anegamiento pues existen pocas evidencias de la eficiencia y el daño fotoquímico ocasionado en la maquinaria fotosintética bajo dicho estrés.

## 2. Antecedentes

### 2.1 Suelos inundados: Consecuencias físicas y químicas que afectan su productividad.

Cuando una superficie se satura de agua, el suelo pierde consistencia y plasticidad; los agentes cementantes, como arcillas y materia orgánica, se disuelven, ocasionando defloculación y rompimiento de agregados; componentes que brindan porosidad y facilitan la aireación del sustrato (Ponnamperuma, 1984).

Poco tiempo después de haber iniciado la inundación, el agua sustituye los espacios aéreos y la difusión de gases se limita ( $10^4$  veces más lenta que en el aire), causando deficiencias de oxígeno y la acumulación de aquellos gases que se forman bajo el sustrato, por ejemplo: nitrógeno, metano, dióxido de carbono e hidrógeno (Ponnamperuma, 1984). Se ha observado que a mayor profundidad, la concentración de oxígeno disminuye (Snyder *et al.*, 2003; León, 1981).

La nueva distribución de gases y la predominante ausencia de oxígeno afectan profundamente la ecología del suelo; en la superficie ligeramente oxigenada pueden crecer micro algas, zooplancton y algunas bacterias aerobias, mientras que el resto de la columna es habitada principalmente por bacterias anaerobias o aerobias facultativas (Ponnamperuma, 1984). Durante la respiración anaerobia, las bacterias son capaces de metabolizar la materia orgánica del suelo y utilizar compuestos oxidados (nitratos, sulfatos, óxidos de manganeso, dióxido de carbono etc.) como aceptores finales en la cadena oxidativa, sin embargo, este proceso genera formas reducidas de nitrógeno, fósforo, manganeso, hierro, azufre etc. y algunos gases (como el metano) que por su naturaleza reductora ocasionan alteraciones electroquímicas en el sustrato (Snyder *et al.*, 2003; León, 1981; Pulford *et al.*, 1988; Ponnamperuma, 1984).

Una de las consecuencias más importantes del metabolismo bacteriano es la reducción en el potencial de óxido reducción ( $E_h$ ), es decir, la facilidad con la que algunos compuestos ceden o reciben electrones se encuentra alterada por la

ausencia de compuestos oxidados (metabolizados durante la respiración anaerobia), también llamados "aceptores", lo que produce a una drástica reducción en el transporte de los mismos ( $E_h$ ). La velocidad a la que  $E_h$  se reduce depende del potencial redox inicial, el contenido de materia orgánica, la temperatura y la cantidad de agentes oxidantes que contenga el suelo, sin embargo se ha observado que siempre tiende a disminuir (Figura 2), llegando incluso de +300 mV hasta -300 mV (León, 1981; Pezeshki, 2001).

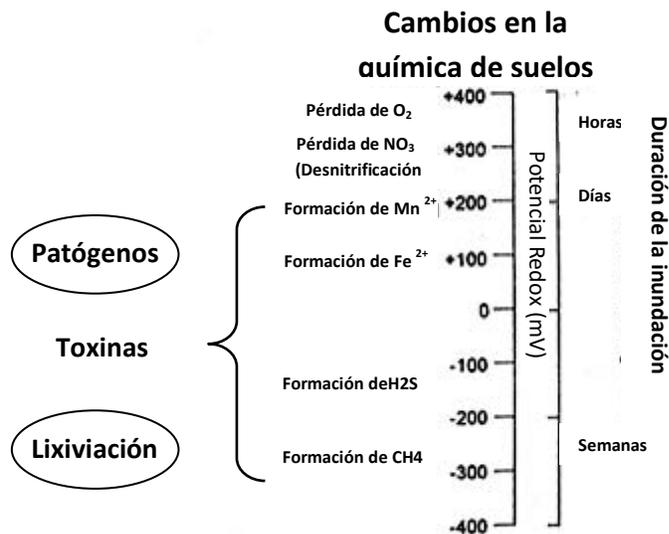


Figura 2. Efecto de la inundación en el potencial Oxido-reducción y pérdida de nutrientes solubles (Traducido de: <http://www.plantstress.com/articles/>)

Un cambio en el potencial redox va siempre acompañado de cambios en el pH; se ha observado que suelos calcáreos con pH inicial básico (arriba de 7.5) tienden a bajar, producto de la formación de CO<sub>2</sub> y, por el contrario, cuando un suelo es ácido (menor a 6.5), el pH aumenta tras la formación de hidroxilos que ocurre durante la reducción de iones Fe y otros minerales. En consecuencia, el potencial de hidrógeno en suelos inundados tiende a neutralizarse con el tiempo (Snyder *et al.*, 2003; Ponnampuruma, 1984).

Las variaciones en el pH ocasionan alteraciones en la solubilidad de iones importantes para mantener las propiedades del suelo. Por ejemplo: en soluciones ácidas que contienen Zn, Cu, Fe o AlOH, el incremento de 1 unidad en el pH

reduciría 100 veces la solubilidad de dichos iones, limitando su bio-disponibilidad y por el contrario, en suelos Ferrosos, una reducción de media unidad de pH (por ejemplo de 7 a 6.5) incrementaría su solubilidad de 35 a 350 mg/l, causando toxicidad. En el caso del calcio y manganeso sus concentraciones son de 0.08 y 0.003 mg/litro, respectivamente si se mantienen a pH 8.5 y baja presión de CO<sub>2</sub> (inadecuados para los requerimientos de alguna planta), pero si el pH desciende a 7, las concentraciones serían de 80 y 3 mg/l, una concentración adecuada para el crecimiento de organismos (Ponnamperuma, 1984).

Bajo estas condiciones de pH y potencial redox, la conductividad específica de suelos inundados incrementa rápidamente durante las primeras semanas, esto es por el incremento en la solubilidad de sales como NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, RCOO<sup>-</sup>, Mn<sup>2+</sup>, and Fe<sup>2+</sup>. Después de 6 u 8 semanas cae hasta estabilizarse y esto se debe a que el HCO<sub>3</sub> y los ácidos carboxílicos son metabolizados en metano (CH<sub>4</sub>), los iones Mn<sup>2+</sup> se convierten en carbonatos (MnCO<sub>3</sub>) y el Fe<sup>2+</sup> en hidróxido ferroso (Fe<sub>3</sub>(OH)<sub>8</sub>) (Ponnamperuma, 1984; León, 1981).

Aunado a la pérdida de estructura, las alteraciones en la ecología de los suelos, y las condiciones electroquímicas cambiantes; las inundaciones derivan en la síntesis y acumulación de compuestos tóxicos como metano, etanol, acetaldehído, compuestos cianogénicos etc., además de sulfuros, CO<sub>2</sub>, Fe y Mn, que si bien en condiciones normales son incluso necesarios para la biota, en condiciones de inundación pueden acumularse al grado de la toxicidad (Pulford y Tabatabai, 1988; Striker, 2012; Pardos *et al.*, 2004; Kozlowski, 1997).

Estas condiciones cambiantes en el suelo generan efectos negativos en el metabolismo de organismos (aerobios y anaerobios), como son algunos hongos y bacterias fundamentales para la mineralización de C, N, P y S; afectando la fertilidad y productividad de los suelos (Wang y Qin, 2006; Pulford y Tabatabai 1988; De la Cruz *et al.*, 2012).

## 2.2 Respuesta de las plantas a la inundación

Las plantas, como el resto de los seres vivos, presentan una serie de respuestas de aclimatación y/o adaptativas que le permiten sobrevivir ante situaciones extremas o condiciones ambientales cambiantes; la capacidad para resistir el estrés depende de la plasticidad genética de cada especie. En el caso de la inundación, los tiempos de supervivencia reportados para algunas plantas terrestres varía desde unas cuantas horas hasta incluso semanas (Pardos, 2004; De la Cruz *et al.*, 2012)

Hook (1984), clasifica a las plantas en tres grupos: aquellas que adaptan su metabolismo totalmente a condiciones anóxicas (verdaderas tolerantes a la inundación), aquellas que no se adaptan y mueren rápidamente (intolerantes a la inundación) y aquellas que evaden la anoxia mediante adaptaciones morfológicas y fisiológicas (aparentemente resistentes a la inundación), aunque muy pocas toleran dichas condiciones a largo plazo. Las plantas aparentemente tolerantes desarrollan un conjunto de mecanismos adaptativos; anatómicos, morfológicos y fisiológicos, que le permiten evadir el estrés.

De acuerdo con este mismo autor (Hook, 1984), las respuestas a la inundación que más han sido reportadas en la literatura son: daños en la estructura y función radicular, así como la formación de raíces adventicias. Cambios en el diámetro y altura del tallo, formación de aerénquima y/o lenticelas. Disminución de la actividad fotosintética, cierre estomático, disminución del área foliar y senescencia prematura de hojas entre otros muchos procesos fisiológicos. Sin embargo, la respuesta inmediata ante este tipo de estrés puede variar dependiendo de la etapa de crecimiento en la que se encuentre la planta, el grosor de la columna de agua que le afecta o la turbidez de la misma (De la Cruz *et al.*, 2012).

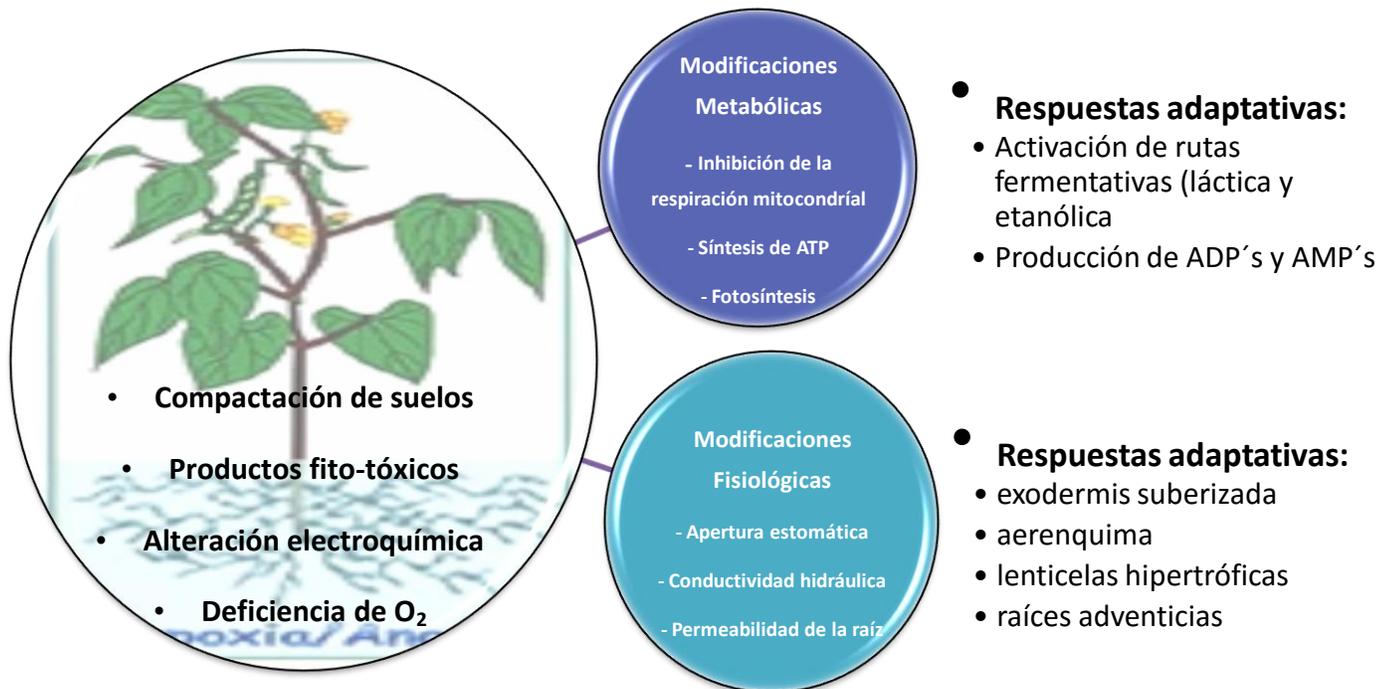


Figura 3. Consecuencias Metabólicas y Fisiológicas para una planta inundada Modificado de Parent y colaboradores (2008)

#### a. Germinación

Durante la germinación, principalmente en las primeras horas después de la imbibición, la respiración aerobia es la ruta metabólica que aporta la mayor parte de la energía para la emergencia de la radícula (Taiz y Zeiger, 2002). A excepción de *Oryza sativa* y *Echinochloa crus-galli* (Rumpho *et al.*, 1984; Al-Ani *et al.*, 1985), gramíneas que pueden germinar e incluso crecer bajo condiciones de anoxia (menos de 0.1 kPa de O<sub>2</sub>), la mayoría de las plantas estudiadas (lechuga, rábano, girasol, nabo, col, lino y soya) necesitan presiones de oxígeno cercanas a la del aire (21 kPa O<sub>2</sub>) para llegar a su velocidad óptima de germinación (cerca del 95% de semillas en 12-24 horas dependiendo de la especie); cuando la presión de oxígeno baja a 2 kPa las especies antes mencionadas detienen totalmente su

germinación; a diferencia del arroz, maíz, trigo, sorgo y guisantes, pues se ha encontrado que incluso a 0.1 KPa de O<sub>2</sub> algunas semillas siguen germinando, aunque a tasas muy lentas: en *Oryza sativa* a presiones de 0.01 kPa las primeras radículas aparecían después de 7 o 9 días, y alcanzaba un 80% de germinación hasta los 21 días. La respuesta de las semillas que germinaron incluso a 0.1 kPa se atribuye a una mayor concentración de almidón como reserva, además de un proceso fermentativo más eficiente que el resto.

#### *b. Crecimiento de la raíz y nuevas formaciones*

Sin duda, una de las partes de la planta más comprometida durante la inundación es la raíz; órgano fundamental para las relaciones hídricas de la planta. Cuando la inundación ocurre, las raíces pierden conductividad hidráulica, aparentemente asociado a la acidificación del citoplasma celular y consecuente cierre de acuaporinas, respondiendo a la paradójica reacción de marchitez en hojas que es común durante las sequías (Tournarie-Roux *et al.*, 2003).

Cuando la conductividad hidráulica decae, se refleja en los valores de potencial hídrico en hojas, conductancia estomática y tasa de transpiración, aunque, de acuerdo con Striker (2012), esta respuesta varía dependiendo de la especie y las condiciones ambientales o climáticas que se presenten. Este autor evaluó las relaciones hídricas en *P. dilatatum* y *L. tenuis* bajo condiciones de inundación durante 15 días; por un lado, *P. dilatatum* no presentó diferencias significativas en ninguno de los parámetros con respecto al control durante los 15 días de inundación (altamente tolerante), incluso, algunos días se presentaron "mejores" relaciones hídricas en la planta (mejores que los controles) y estas fechas coincidieron con las tasas de evaporación más altas. En contraste, *L. tenuis* presentó efectos negativos en todos los parámetros y el efecto empeoraba con el tiempo, llegando hasta 40%, 55% y 60% menos en relación a las plantas control, respectivamente. En este caso, Striker concluye que la reducción en la transpiración se debe al cierre estomático que ocurre en respuesta a la inundación

como mecanismo para regular el balance hídrico y evitar la deshidratación de las hojas. Insausti y colaboradores (2001), asocian la capacidad de algunas especies para mantener sus relaciones hídricas incluso bajo condiciones de inundación (como *P. dilatatum*), a una alta porosidad en su sistema radicular que le permite seguir transportando el agua necesaria.

Sin embargo, además de la limitación en las relaciones hídricas, generalmente el crecimiento de la raíz se ve severamente afectado (se inhiben nuevas formaciones), mientras que, en algunas especies, el crecimiento del vástago se estimula, ocasionando variaciones en la proporción vástago-raíz reflejadas en epinastia (De la Cruz *et al.*, 2012; Kozlowski, 1997). Incluso, Kozlowski (1997) y Jackson y Drew (1984) reportan que, al haber raíces más pequeñas que el vástago, una vez que el agua es drenada (si esto ocurre), las plantas quedan bastante susceptibles a la sequía y fluctuaciones en la temperatura, pues la raíz es pequeña e incluso disfuncional y no puede reponer adecuadamente la pérdida de agua por transpiración.

### *c. Crecimiento del vástago y área foliar*

Los síntomas visuales que se presentan ante un evento de inundación incluyen marchitamiento, supresión en el crecimiento foliar, clorosis, reducción en la eficiencia fotosintética y senescencia precoz de las mismas (Hook, 1984). En el caso de especies leñosas, de acuerdo con Kozlowski (1997), además de los síntomas del párrafo anterior se puede presentar una reducción en la tasa de crecimiento del cambium, es decir, el grosor de los troncos se ve comprometido y aumenta la proporción de tejido parenquimatoso en xilema y floema; los entrenudos se alargan más de lo normal.

Si el organismo se encuentra en su etapa reproductiva, se ha reportado que la inundación puede inhibir los brotes, la formación y crecimiento de flores y frutos o su caída prematura. En cualquier caso, se reduce la calidad del fruto e incluso se modifica su composición química (Kozlowski, 1997)

### 2.3 Hormonas reguladoras

Durante la inundación, los procesos metabólicos y de crecimiento se ven drásticamente interrumpidos o modificados, pues se altera la función de algunas hormonas de crecimiento como son: giberelinas (AG), citocininas (CQS), ácido abscísico (ABA), auxinas (AUX) y etileno (ET) (Reid y Bradford, 1984). Este último (el etileno), se presenta como primera señal celular de una reducción en la concentración intracelular de oxígeno. Esta y otras hormonas se encuentran íntimamente involucradas en la iniciación y regulación de distintas adaptaciones anatómicas y morfológicas antes mencionadas: epinastia, alargamiento del tallo, formación de aerénquima y raíces adventicias (Vidoz *et al.*, 2010)

El etileno puede ser sintetizado dentro (por el ciclo de la metionina durante el metabolismo celular) y fuera de la planta (por microorganismos anaerobios) y se encuentra sujeto a las bajas tasas de difusión de los gases en el agua, por lo tanto se acumula fácilmente en los tejidos sumergidos de la planta; funciona como regulador y/o estimulador en condiciones de inundación (Drew *et al.*, 2000; Voeselek *et al.*, 1992)

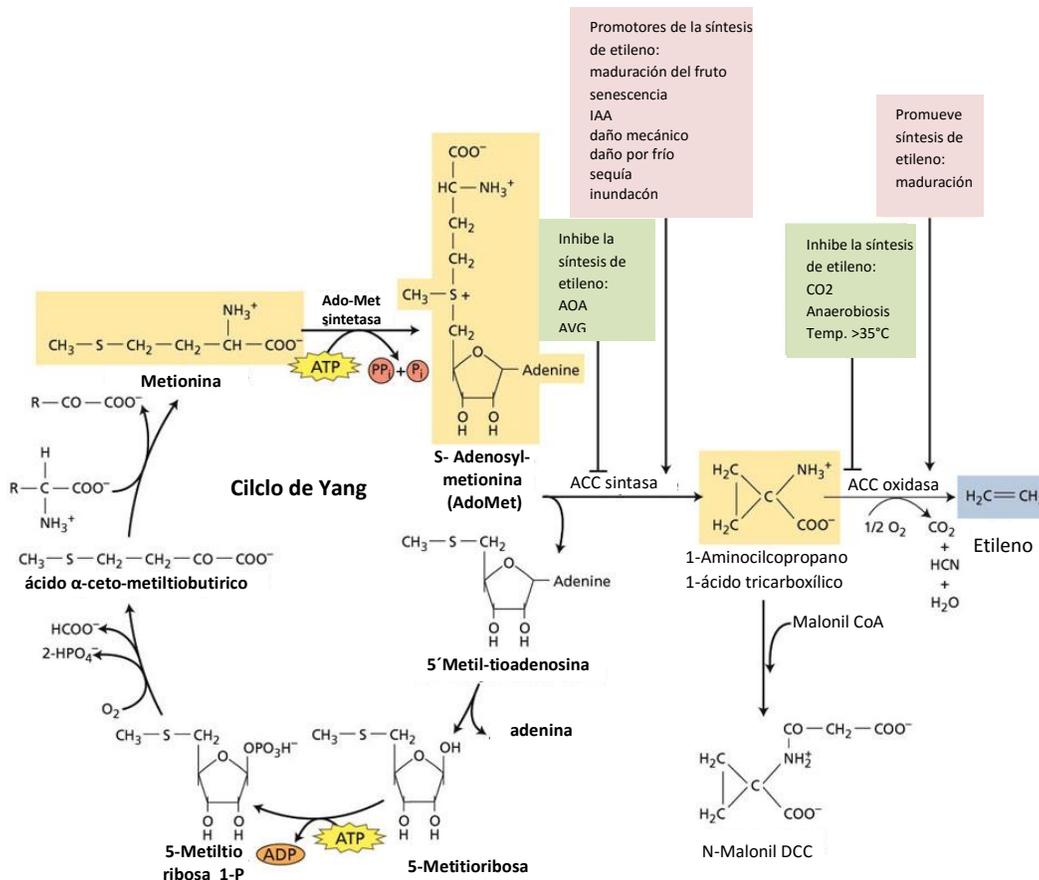


Figura 4. Ruta metabólica para la síntesis de etileno: Ciclo de Yang. Traducido de Taiz y Zeiger (2002)

El ciclo de la metionina o ciclo de Yang (Figura 4), es decir, la biosíntesis de etileno (descrita por primera vez por Yang 1979) depende de un precursor llamado ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), que se desdobla en etileno tras la liberación de CO<sub>2</sub> (Jordán y Casaretto, 2006). Paradójicamente, este proceso es estrictamente aerobio, por lo tanto, a pesar de que el ACC se sintetiza principalmente en las raíces hipóxicas, el etileno se forma en la parte aérea de la planta, donde pueda haber concentraciones mínimas de oxígeno (Bradford y Yang, 1980).

Entonces, de acuerdo con Drew y colaboradores (2000); el efecto de la hipoxia es estimular la síntesis de etileno a través de la actividad del ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) sintasa y de ACC oxidasa, cuyos genes se activan aproximadamente durante las 3 primeras horas de inundación. Esto coincide también con Vidoz y colaboradores (2010) quienes reportan que; en

plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) los genes precursores de ACC sintasa son LeACS3 y LeACS7. El gen LeACS3 se activa de manera intermitente durante las primeras 12 horas de inundación y LeACS7 presenta una máxima actividad después de solo 4 horas de anoxia. Este proceso es determinante para la formación de aerénquima y raíces adventicias (Drew *et al.*, 2000; Chen, 2002). En el mismo trabajo señalan que la formación de aerénquima lisigénica es producto de un proceso de apoptosis, o muerte celular programada, en células que sucumben a la anoxia. Además, realizaron pruebas en las que, al inhibir la formación de etileno, o el etileno mismo, se limita la formación de aerénquima y por el contrario, las raíces tratadas con etileno, o sus precursores, estimulan su formación (Drew *et al.*, 2000; Jackson *et al.*, 1985). El mismo experimento se aplicó para evaluar la formación de lenticelas en hipocotilos y se obtuvo el mismo resultado (Jackson 1990).

La formación de etileno también puede verse favorecida o disminuida por la actividad de otras hormonas, por ejemplo: la formación de auxinas y citoquininas favorecen la formación de etileno, sin embargo la formación de ácido abscísico inhibe la actividad del etileno. Estas hormonas también son afectadas por la inundación e influyen en la respuesta adaptativa de cada especie. (Reid y Bradford, 1984).

Las auxinas como el ácido indol-acético (IAA), son sustancias de crecimiento que se sintetizan en el ápice del tallo y en tejidos nuevos, sin embargo, casi siempre son transportadas hacia la raíz (basipétalo), creando un gradiente. Su efecto puede ser de estimulación o inhibición del crecimiento (división celular o incluso formación de nuevos órganos), dependiendo de su concentración. En ocasiones pueden requerir la presencia de otra hormona (Bidwell, 2000).

Durante la inundación, Vidoz y colaboradores (2010), Visser y colaboradores (1996), y Shimamura y colaboradores (2016) coinciden en que, altas concentraciones de etileno estimulan el transporte de auxinas, que se acumulan principalmente en el hipocotilo y estimulan la formación de raíces adventicias, sin embargo, se requiere la presencia de ambas hormonas para desarrollar las células

primordiales de las raíces. Reid y Bradford (1984) también resaltan un importante aumento en los niveles de auxinas en toda la planta durante el proceso de muerte de las raíces principales.

Otra hormona importante es el ácido abscísico (ABA), que es responsable de inducir letargo en plantas perennes, árboles y semillas, aparentemente puede contrarrestar los efectos de las giberelinas (alargamiento celular) e induce el cierre de estomas (Bidwell, 2000). Tras un evento de inundación, las raíces (principales afectadas) no son capaces de absorber agua e iones del suelo, necesarios para el metabolismo celular, y es el ABA quien, en estas condiciones se encarga del cierre estomático y la reducción en la transpiración de la planta, evitando la deshidratación (marchitamiento) de las hojas. Además se ha observado que detiene la formación de etileno que ha sido reportado como inhibidor en la elongación del vástago en plantas terrestres, aunque lo estimula en plantas anfibias (Ahmed *et al.*, 2006).

Durante el crecimiento normal de una planta las giberelinas y citocininas son fundamentales: Las giberelinas estimulan el alargamiento de tallos o entrenudos y participan en la floración. Aparentemente se mueven por toda la planta, no presentan un movimiento basipétalo como las auxinas. Las citocininas estimulan la división celular y muchas veces actúan en conjunto con otras hormonas, por ejemplo: en presencia de auxinas, se estimula el crecimiento radicular. Debido a que estimulan la formación de nuevas células se podría decir que impiden la senescencia de tejidos que empiezan a envejecer, aunque el etileno, por el contrario; produce maduración y senescencia (Bidwell, 2000).

El sistema radicular es el principal formador de giberelinas y citocininas, que, en altas concentraciones pueden inhibir el crecimiento de las raíces pero son fundamentales para el crecimiento del vástago. Durante la inundación se inhibe la formación de dichas hormonas y sus bajas concentraciones posiblemente influyen en la formación de raíces adventicias, sin embargo, después del brote de las mismas, los niveles de ácido giberélico se estabilizan nuevamente (Reid y Bradford, 1984)

Sin embargo, la regulación entre hormonas que se describe antes, no es el único factor que influye en el metabolismo; la limitada disponibilidad de algunos elementos como Nitrógeno (N), Fósforo (P), Hierro (Fe) y Azufre (S) (esenciales para el crecimiento de la planta), pueden modificar mutuamente (hormonas-nutriente o nutriente-hormonas) el aprovechamiento nutricional o la síntesis, transporte o sensibilidad de hormonas como auxinas, citocininas y etileno (Lopez-Bucio *et al.*, 2003).

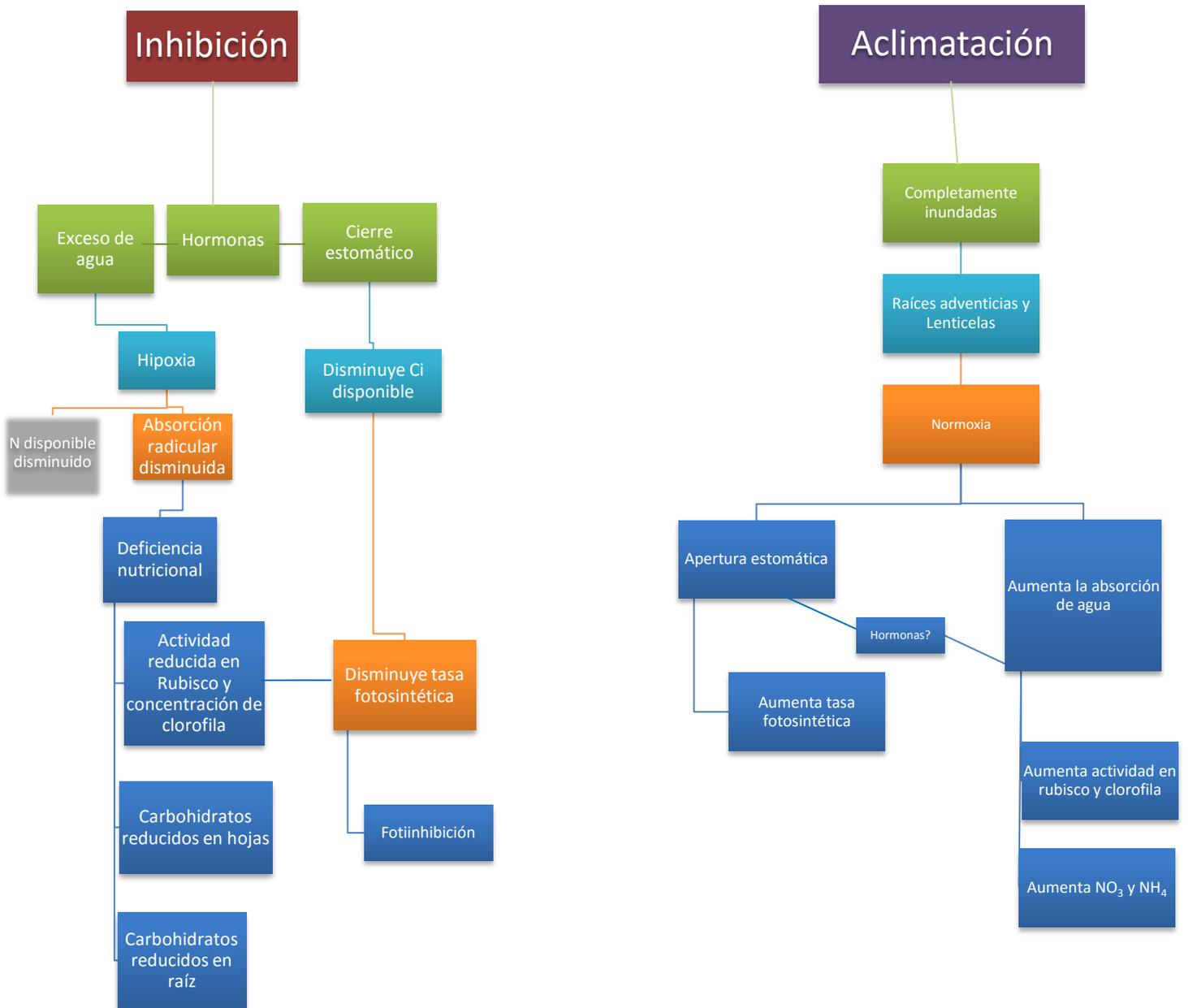


Figura 5. Esquema general de los procesos metabólicos modificados y respuesta de aclimatación. [http://www.frontiersin.org/files/Articles/45373/fpls-04-00106-r2/image\\_m/fpls-04-00106-g004.jpg](http://www.frontiersin.org/files/Articles/45373/fpls-04-00106-r2/image_m/fpls-04-00106-g004.jpg)

## 2.4 Alteraciones en el ciclo celular

Algunos nutrientes y cambios en la concentración de hormonas fungen como señales específicas para mecanismos moleculares que modifican la división celular o procesos de diferenciación (Lopez-Bucio *et al.*, 2003). Distintos autores han documentado que bajo condiciones de hipoxia la división celular se reduce en 15-30 minutos en *Vicia faba* o incluso se detiene 24 horas después (Opik, 1973; Atwell *et al.*, 1982; Jackson y Drew, 1984; Bailey y Voesenek, 2008).

Amoore en 1961, mostró que, en raíces de *Pisum sativum*, la mitosis se inhibe drásticamente tras un tiempo en condiciones de hipoxia, especialmente durante la "pre-profase". Este mismo autor cuantificó la tasa de división celular tras 4, 6, 8 y 24 horas después de la inundación, concluyendo que todo el proceso de división celular es dependiente de la presencia de oxígeno, sin embargo, las etapas visibles de la mitosis son menos dependientes de O<sub>2</sub> que la mitosis en sí, por eso, si la concentración de oxígeno es mínima (pero lo hay), las células que ya están en el proceso continúan la división celular en tasas bajas, pero no más células inician el proceso.

Opik (1973), Atwell y colaboradores (1982), Jackson y Drew (1984) y Bailey y Voesenek (2008), coinciden en que la reducción en las tasas de división celular durante la hipoxia se encuentra relacionada con una limitada producción de ATP por la vía fermentativa, más que a un déficit nutricional:

El proceso de división celular requiere una alta inversión de energía química en la síntesis de RNA, DNA y proteínas, sin embargo, una planta que realiza fermentación en lugar de respiración no puede liberar la energía suficiente para completar dicho proceso (Atwell *et al.*, 1982)

En *Arabidopsis sp.* y otras plantas, se ha observado que en condiciones limitadas de oxígeno la síntesis de proteínas se detiene; tan solo se mantiene la transcripción de un conjunto de mRNA's celulares, muchos de los cuales codifican para enzimas del metabolismo anaerobio y antioxidantes (Bailey, 2008).

Así mismo; se altera la biosíntesis de ácidos grasos insaturados, un proceso aerobio fundamental para la estructura y función de la membrana. Estos cambios en la composición de la membrana (por ejemplo el grado de saturación de residuos acilos, el tamaño de la cadena o la presencia de esteroides), pueden modificar la fluidez de la membrana, su permeabilidad y procesos de transporte (Jackson y Drew, 1984).

### *2.5 Metabolismo celular (fotosíntesis y respiración)*

Los principales daños o lesiones que sufre una planta tras la inundación son producto de alteraciones en el metabolismo fotosintético y respiratorio (Ahmed *et al.*, 2002).

La respuesta más común en la fotosíntesis es la reducción en la fijación del carbono (bajas tasas fotosintéticas), que en un inicio se produce por la limitada absorción de CO<sub>2</sub>; los estomas se cierran para evitar la deshidratación, sin embargo el intercambio gaseoso se limita y en ausencia de CO<sub>2</sub> como fuente de carbono la fotosíntesis no puede ser completada (Striker, 2012). Sin embargo, Ahmed y colaboradores (2002) encontraron que; durante el primer día de inundación la tasa fotosintética (P) y la eficiencia fotoquímica medida como fluorescencia de la clorofila (Fv/Fm) se redujeron significativamente sin que la transpiración y la conductancia presentaran modificaciones, indicando que, una primera respuesta fotosintética puede deberse a algún tipo de daño en PSII no relacionada con la falta de CO<sub>2</sub> (cierre estomático), aunque con el paso del tiempo la transpiración, conductancia estomática y tasa fotosintética se redujeron progresivamente, el daño en la actividad fotosintética no puede ser atribuido a una sola causa; el cierre estomático y la transpiración no explican al 100% la reducción en la fotosíntesis. Yordanova y colaboradores (2004) atribuyen este efecto a (1) una reducción en el contenido de clorofilas por centímetro cuadrado y contenido proteico en las hojas, (2) a la reducción en la actividad de las enzimas encargadas de la carboxilación y (3) al daño oxidativo sobre PSII que ocasionan

las especies reactivas de oxígeno (EROs) que se producen por toda la planta; además de las consecuencias generales antes estudiadas, como son la producción de etileno y el atrofia de las raíces que ocasionan una limitada absorción de agua y nutrientes (Sairam *et al.* 2008; De la Cruz *et al.* 2012; Chen *et al.* 2005).

Como consecuencia en la reducción de la tasa fotosintética se observa un crecimiento lento o incluso nulo (Chen *et al.*, 2002; Hopkins *et al.*, 1950), que de acuerdo con Striker (2012) significa que existe una falla en el transporte de fotosintatos y biosíntesis de glucosa (o baja producción de triosas fosfato durante el ciclo de Calvin-Benson); ocasionando una acumulación de almidón en los cloroplastos que afecta la tasa fotosintética. Además, la caída temprana de las hojas y la reducción del área foliar contribuye a la caída de los niveles de fijación de carbono, pues, hay menos superficie foliar haciendo fotosíntesis (Yu *et al.*, 2015; Pezeshki, 1991).

Ante la caída de la eficiencia fotosintética, el tiempo de supervivencia de una planta en ausencia de oxígeno depende de la reserva de carbohidratos fermentables y la eficiencia con la que el proceso fermentativo mantenga la producción energética (Ram *et al.*, 2002; De la Cruz *et al.*, 2012).

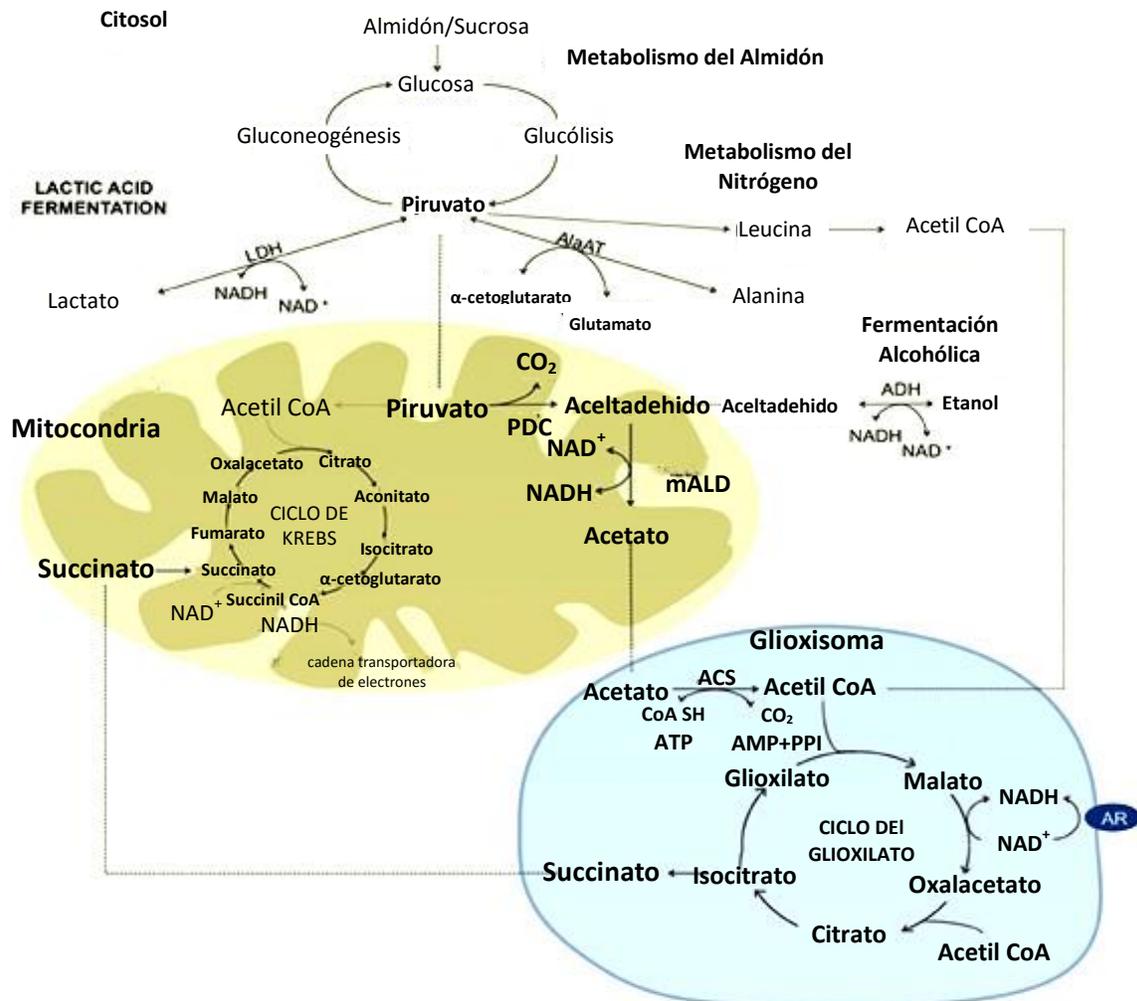


Figura 6. Diagrama del metabolismo de los carbohidratos en condiciones de anoxia/hipoxia. Traducido de Miro e Ismail (2013).

En condiciones anóxicas, el daño más evidente recae sobre la respiración mitocondrial; a nivel celular, los procesos de oxigenación y la oxidación de moléculas esenciales para la producción de energía en forma de Adenosín Trifosfato (ATP por sus siglas en inglés) no puede llevarse a cabo (De la Cruz *et al.* 2012; Sairam *et al.*, 2008); en su lugar se realizan glucólisis y fermentación, sin embargo, el rendimiento total de la ruta fermentativa es de tan solo 2 moléculas de

ATP por glucosa, contra 38 que se producen por la glucólisis y el ciclo de Krebs, ocasionando severas deficiencias energéticas (Sairam *et al.*, 2009).

Durante la fermentación se acumulan piruvato, lactato y etanol (Levitt, 1980), que en concentraciones determinadas fungen como una señal hormonal que advierte de la falta de oxígeno en la célula y desencadena algunos mecanismos adaptativos mencionados en el siguiente apartado (2.6); sin embargo, con su acumulación, el citoplasma se acidifica, afectando el potencial de membrana y limitando la producción de proteínas (Levitt, 1980; De la Cruz *et al.* 2012).

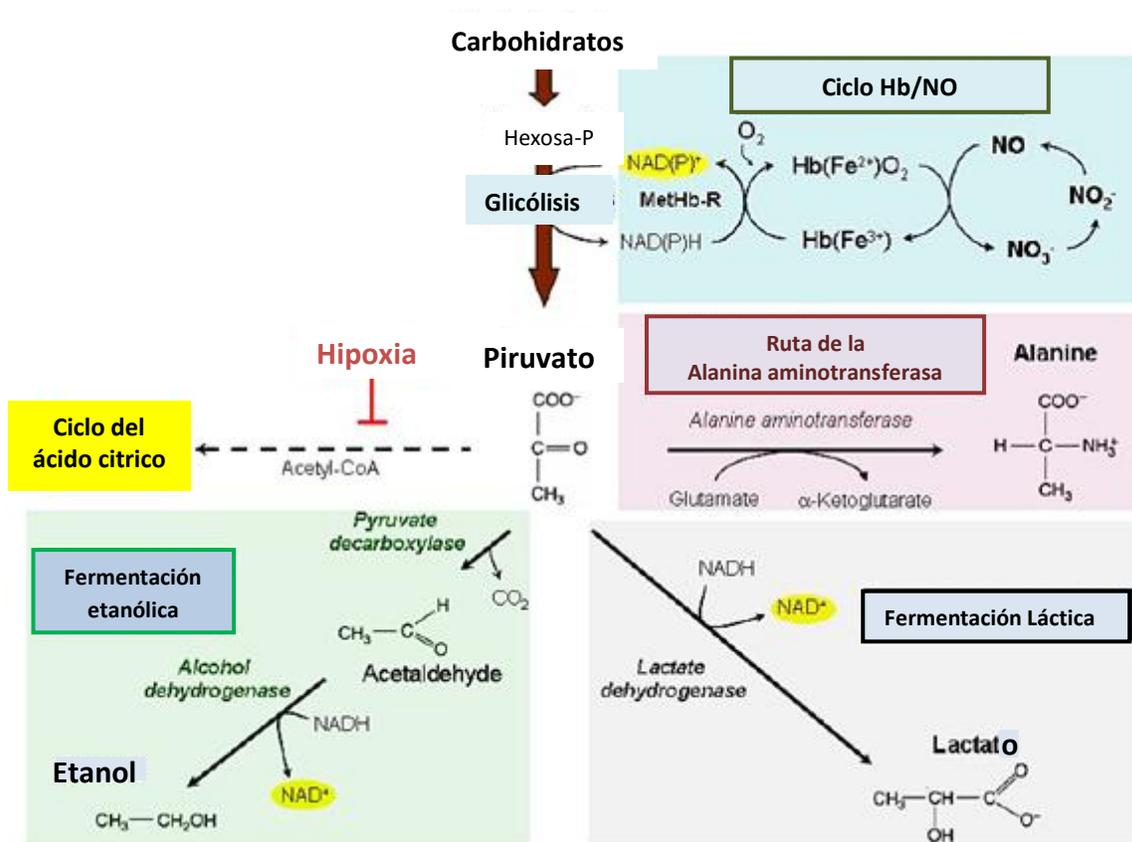


Figura 7. Diagrama de las principales rutas que mantienen el metabolismo celular. Traducido de Parent y colaboradores (2008)

Con la síntesis de proteínas detenida, se han reportado casos de falla en la diferenciación celular y formación de tejidos más simples (Ryser, 201; Opik 1973),

además, se forman mitocondrias con menos crestas (afectando el transporte electrónico) y se reduce la actividad de enzimas antioxidantes como catalasa y peroxidasa (Opik, 1973), factor determinante para la supervivencia durante y después del estrés por inundación (De la Cruz *et al.* 2012).

## *2.6 Respuestas de aclimatación y mecanismos adaptativos*

Las plantas que son capaces de tolerar cierto tiempo de anoxia desarrollan un conjunto de mecanismos adaptativos; fisiológicos, anatómicos y morfológicos, que les permiten evadir el estrés. Una adaptación primaria (general) es la capacidad de absorción de O<sub>2</sub> mediante tejidos aéreos (hojas), su transporte a través de los tallos y su difusión fuera de las raíces; permitiendo crear una rizósfera ligeramente oxidada (por acción de enzimas y microorganismos o por contacto directo con el O<sub>2</sub>), contrarrestando la formación de sustancias tóxicas y favoreciendo la absorción de minerales por la raíz. Todo este proceso se favorece, o se hace más eficiente cuando se forman aerénquima (adaptación anatómica), lenticelas y/o raíces adventicias (adaptaciones morfológica). (Striker, 2012; Kozlowski, 1997; Pardos *et al.*, 2004; De la Cruz *et al.*, 2012; Yin *et al.*, 2010; Chen *et al.*, 2002)



Figura 8. Adaptaciones Anatómicas y Morfológicas a la Hipoxia/Anoxia. Modificado de Parent y colaboradores (2008)

#### *a. Formación de raíces adventicias*

Jackson y Drew en 1984, en un capítulo del libro "Flooding and Plant Growth" menciona, que, ninguna planta presenta crecimiento de la raíz original en ambientes deficientes de oxígeno; la supervivencia de las mismas varía entre unas horas o días, sin embargo, siempre se ven severamente afectadas en cuanto a su función, morfología, y se reducen en número y extensión. Los ápices detienen su crecimiento, pues no hay energía suficiente para la función celular y solo se mantienen las células primordiales (potencialmente formadoras de nuevas raíces), cuyo requerimiento de energía es mínimo.

Finalmente, estas células pueden desarrollar raíces adventicias (Jackson y Drew, 1984), es decir, nuevas raíces que sustituyen la función de las anteriores. Se desarrollan generalmente en la parte inundada del tallo o sobre las raíces anteriores, pero siempre cercanas a la superficie oxigenada. La formación de dichas raíces mejora la absorción de agua y crea una rizósfera oxidada que

contrarresta la formación de toxinas, además de estimular el suministro de giberelinas y citoquininas (Kozlowski, 1997).

#### *b. Aerénquima*

La formación de aerénquima es la respuesta más común ante un evento de anoxia. Se trata de un sistema de células continuas, interconectadas por espacios aéreos (lagunas de aerénquima) que presentan baja resistencia al transporte de oxígeno desde el vástago hacia la raíz (Striker, 2012). Las lagunas de aerénquima quedan libres de agua; transportan gases por convección y difusión (Drew *et al.*, 2000).

En la formación de aerénquima las células del cortex crean espacios aéreos, ya sea por separación (squizogénica) y/o muerte celular (lisigénica), o bien por la expansión de su espacio interno (expansiógénica; sin muerte celular). La mayoría de las plantas presentan aerénquima lisigénica, o bien una combinación entre squizo y lisigénica (primero se separan y mueren por rompimiento de la pared celular); es poco común que se forme aerénquima estrictamente squizogénica (Kozlowski, 1997; Striker 2012).

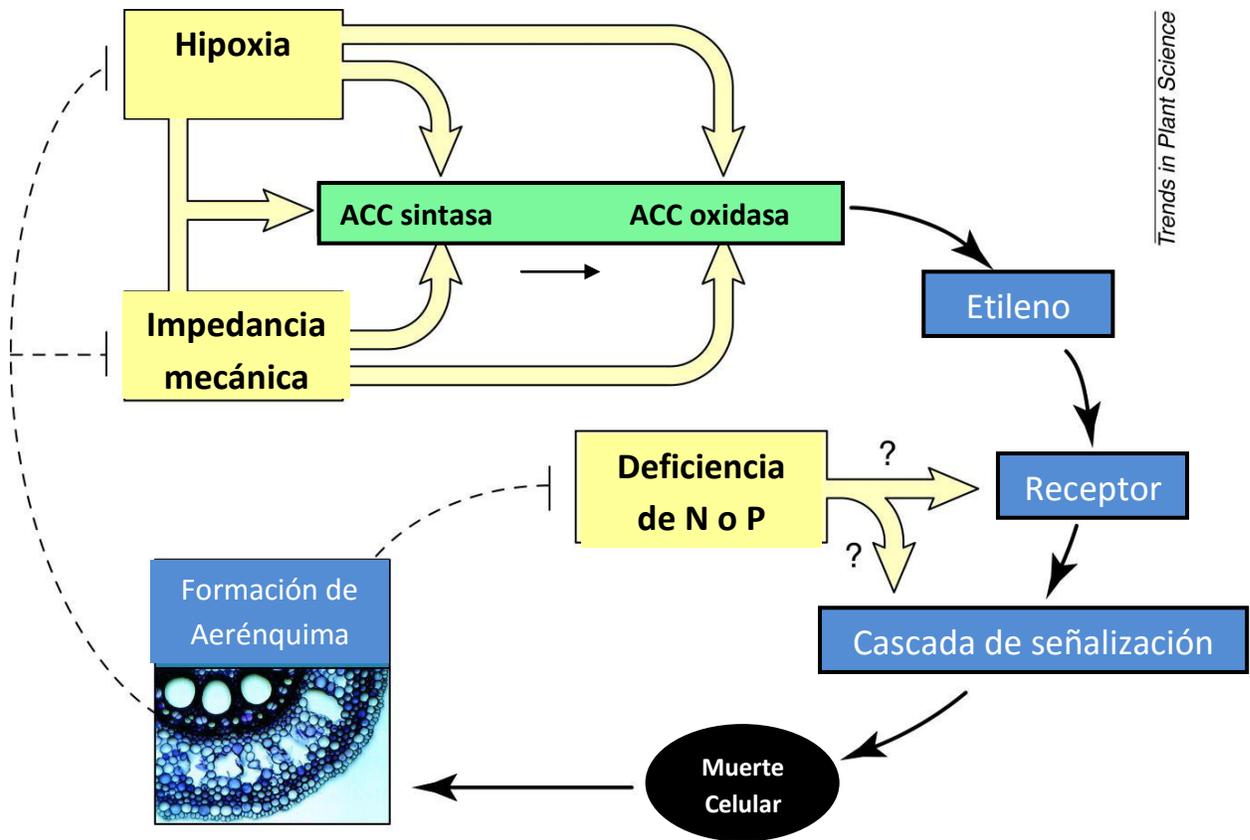


Figura 9. Modelo de inducción de apoptosis en células del cortex. Traducido de Drew y colaboradores (2000)

La formación de aerénquima por muerte celular presenta una ventaja ante la expansogénica, pues no solo abre una vía de transporte para el oxígeno, sino a la vez, reduce el número de células que lo requieren, característica que impacta de manera positiva a la supervivencia de plantas no tolerantes en ambientes hipóxicos o anóxicos (Drew *et al.*, 2000).

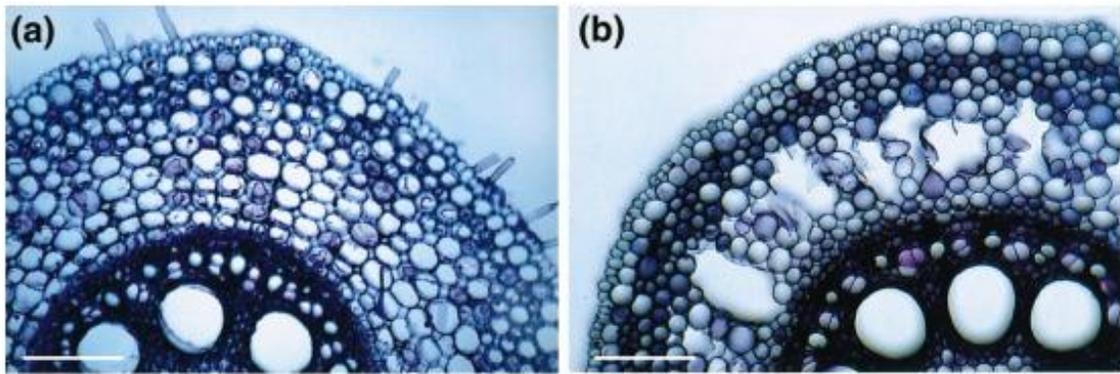


Figura 10. Corte transversal en raíces de maíz a 4 días de crecimiento. La letra (a) muestra los tejidos normales de una raíz bien oxigenada. La letra (b) muestra la formación de aerénquima por muerte celular en raíces de plantas sometidas a hipoxia (Drew *et al.*, 2000)

### c. Formación de lenticelas

Otra de las adaptaciones morfológicas que se presentan son las lenticelas: células complementarias que crecen en la base de algunas plantas leñosas, justo por encima de la capa de agua y ligeramente por debajo. No presentan resistencia (o presentan muy poca) al intercambio gaseoso. Son células esféricas con acomodos alargados que permiten un mayor espacio intercelular, presentan capas de recubrimiento "rotas", que mejoran la aireación de la planta (Hook 1984). A pesar de que esta reportado que el oxígeno entra a través de las hojas, es difícil, al menos poco probable, que las raíces puedan hacer uso de dicho gas cuando este tiene que ser transportado hacia abajo (en contra de la gravedad) por largas extensiones del tallo (como ocurre en especies arbóreas), en todo caso, sería consumido en el camino por la respiración mitocondrial. En estos casos las lenticelas aparecen como principal fuente de oxígeno para las raíces (Kozlowski 1997) y una fuente de liberación de compuestos volátiles como etanol, etileno y acetaldehído (Striker 2012).

A pesar de que se ha demostrado la oxigenación de las raíces a través de lenticelas (Shimamura *et al.*, 2003), existió controversia acerca de; sí las lenticelas surgían para favorecer la entrada de oxígeno, entonces, ¿por qué se encuentran

incluso mejor desarrolladas debajo del agua?. Striker en el 2012 hace una revisión bibliográfica y reporta que; Pezeshki (1996) y Folzer y colaboradores (2006) presentan la teoría de que, las lenticelas ayudan a la planta a mantener sus relaciones hídricas, sustituyendo parcialmente la función de las raíces atrofiadas. Esta teoría se comprobó por Groh y colaboradores (2002) y Parent y colaboradores (2008) (también reportados por Striker), pues una vez que aparecen las lenticelas, la conductancia estomática se recupera, sustentando la teoría de que las lenticelas contribuyen a la homeostasis hídrica en la planta.

### **3. Justificación**

El cambio climático es un hecho, y las inundaciones o fuertes lluvias son fenómenos meteorológicos que afectarán al país año tras año. Es importante fomentar la investigación científica, que dé paso a la búsqueda de soluciones o alternativas directas a condiciones como el anegamiento; sobre todo si se trata de especies como *P. vulgaris*, que tienen impacto para el sector alimenticio e importancia ecológica para México como su centro de origen y diversificación genética.

## 4. Objetivos

### 4.1 Objetivo general

Analizar el crecimiento y la actividad fotosintética en *Phaseolus vulgaris* bajo condiciones de anegamiento.

### 4.2 Objetivos particulares

- Medir el crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* sometido a condiciones de anegamiento durante 21 días.
- Cuantificar los procesos fotosintéticos y de respiración celular en *Phaseolus vulgaris* bajo condiciones de anegamiento.
- Determinar el efecto del anegamiento sobre la concentración de clorofilas *a*, *b* y carotenoides totales de *Phaseolus vulgaris*.
- Determinar el efecto de la anegación sobre la apertura estomática y transpiración de *Phaseolus vulgaris* bajo condiciones de anegamiento

## 5. Materiales y Métodos

### 5.1 Descripción del material biológico

*Phaseolus vulgaris* L., variedad “negro Productor” pertenece a familia Leguminosae, subfamilia papilionoideae y tribu Phaseoleae. (Sánchez *et al.*, 2001; Jasso *et al.*, 2005). Fue desarrollado por las instituciones INIFAP, COLPOS y Chapingo a partir de las variedades negro jamapa y negro Chapingo (SNICS, 2014). La variedad “negro Productor”, es un frijol de semillas de grano negro y pequeño, de crecimiento determinado semi-arbustivo con tallo herbáceo. La floración inicia a los 45 días aproximadamente y la cosecha a los 75 u 80 días (Fernández *et al.*, 1986, Arias *et al.*, 2007 ).

### 5.2 Obtención de la planta.

Para desinfectar las semillas de *Phaseolus vulgaris* se aplicó un tratamiento de alcohol al 70% durante 1 minuto e hipoclorito al 10% durante 10 minutos; se lavaron con agua destilada estéril en repetidas ocasiones y se dejaron en imbibición durante 24 horas. Posteriormente, se colocaron en charolas con camas de papel y agua (todo estéril) bajo oscuridad durante 3 días para su germinación.

Una vez que la radícula había emergido se sembraron 2 plántulas por maceta de 11 cm de diámetro cuyo sustrato consistió de una mezcla 1:1 agrolita-tierra negra previamente esterilizada. Se mantuvieron al 70% de su Capacidad de Campo (CC) y se regaron tres veces a la semana, una de ellas con solución Hoagland (al 25% la primer semana, al 50% la segunda y al 100% a partir de la tercera). El grupo experimental se dividió al azar al brote de las hojas bifoliadas.

### 5.3 Condiciones de ensayo.

El ensayo consistió de dos lotes de 80 plantas cada uno. El lote control se mantuvo al 70% CC. El lote experimental fue ajustado a 70% CC con solución Hoaglan y posteriormente anegado 5 cm por encima del sustrato con agua destilada. La anegación se mantuvo durante 21 días.

En ambos lotes se recuperó el agua evaporada tres veces por semana, una de ellas con solución Hoagland al 100%.

### 5.4 Variables de respuesta.

El tratamiento estadístico aplicado consistió de un modelo de bloques al azar sin interacción, con al menos 5 repeticiones de cada prueba. Tomando como factor concomitante la condición inundada (experimental) y no inundada (control/testigo). Las variables de respuesta se obtuvieron 7, 14 y 21 días después de la anegación a partir de muestras aisladas en oscuridad y a 16°C desde las 6:30 am con la finalidad de evitar el efecto de la radiación solar en las eficiencias fotosintéticas primarias. Se aplicaron test de normalidad, homocedasticidad de bartlett y prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

#### 5.4.1 Crecimiento.

El área foliar ( $\text{cm}^2$ ) se calculó por gravimetría de una copia fotostática en papel bond  $n=6$  y se obtuvo el peso seco (g) en hojas, vástago y raíz por separado. Las muestras se secaron por 72 horas a 70°C. Se determinó la Tasa media de crecimiento relativo (g/día), Razón vástago/Raíz (gPS), Razón media de área foliar y Tasa foliar unitaria ( $\text{g cm}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) (Arriaga-Frías *et al.*, 2013).

#### 5.4.2 Contenido de pigmentos fotosintéticos

La determinación de la concentración de clorofila a, b y carotenoides se obtuvo de seis muestras por tratamiento que consistieron de un disco de hoja de 10cm<sup>2</sup>. Se maceraron en acetona al 80% (v/v) y se midió la absorbancia (ABS) del extracto en tres longitudes de onda: 663, 646 y 470 nm. Los cálculos se realizaron según el método de Wellburn (1994), las concentraciones se obtuvieron en µg ml<sup>-1</sup>cm<sup>-2</sup>.

$$[\text{Clorofila } a] = 12.21 \text{ Abs}_{663} - 2.81 \text{ Abs}_{646}$$

$$[\text{Clorofila } b] = 20.13 \text{ Abs}_{646} - 5.03 \text{ Abs}_{663}$$

$$[\text{Carotenoides totales}] = (1000 \text{ Abs}_{470} - 3.27 [\text{Clorofila } a] - 104 [\text{Clorofila } b])/198$$

#### 5.4.3 Actividad metabólica.

##### a. Intercambio de Gases

Se cuantificó el consumo de CO<sub>2</sub> y la emisión de vapor de agua en hojas vivas (aún en la planta), por medio de un analizador de gas por infrarrojo (IRGA) LI-6400 marca LI-COR, Nebraska, USA. La cámara de hoja se programó para mantener una radiación de 1000 µmoles de fotones m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> y una temperatura máxima de 30°C.

Los datos obtenidos fueron: fijación de CO<sub>2</sub> (µmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) conductividad estomática (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) y transpiración (nmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>).

##### b. Actividad respiratoria y Liberación de Oxígeno

Se determinó mediante un oxímetro (Oxygraph Hansatech, England) con cámara de fase gaseosa al que se agregó 1 ml de NaHCO<sub>3</sub> 1M como fuente de dióxido de carbono. Las muestras consistieron en 3 discos de hoja (o más) de 10 cm<sup>2</sup> por cada lote que fueron expuestos a 3 intervalos de un minuto luz (1000 µmoles de

fotones  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y un minuto oscuridad a temperatura ambiente. La tasa de liberación de oxígeno se registró durante la exposición a la luz y la actividad respiratoria por consumo de oxígeno durante la oscuridad inmediatamente después del tiempo de exposición a la luz (González *et al.*, 2008; Perales *et al.*, 2014).

### c. Fluorescencia modulada

Esta variable se midió mediante un fluorómetro de pulso de amplitud modulada (FMS por sus siglas en inglés; Hansatech Ltd., King's Lynn, England) en muestras pre-acondicionadas a la oscuridad durante 30 minutos y aún en la planta (viva).

La fluorescencia de la clorofila a es estimulada primero con una luz modulada de débil intensidad ( $0.1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) para registrar la fluorescencia mínima ( $F_0$ ; todos los aceptores primarios se encuentran oxidados), después, se aplica un pulso de saturante de alta intensidad ( $10\,000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) durante 0.7 segundos para obtener la fluorescencia máxima a la oscuridad ( $F_m$ ) y a continuación se enciende la luz actínica aumentando progresivamente en intensidad por un periodo de 6.4 minutos (35 segundos por intensidad) en un intervalo de 17 a  $721 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Cuando la fluorescencia llega a una condición de equilibrio se registra el valor de  $F_s$  y entonces se emite un nuevo pulso saturante para obtener la fluorescencia máxima en hojas adaptadas a la luz ( $F_m'$ ). Finalmente la luz actínica se apaga y se da un pulso de rojo lejano para obtener la fluorescencia mínima en hojas adaptadas a la luz ( $F_0'$ ) (Figura 11).

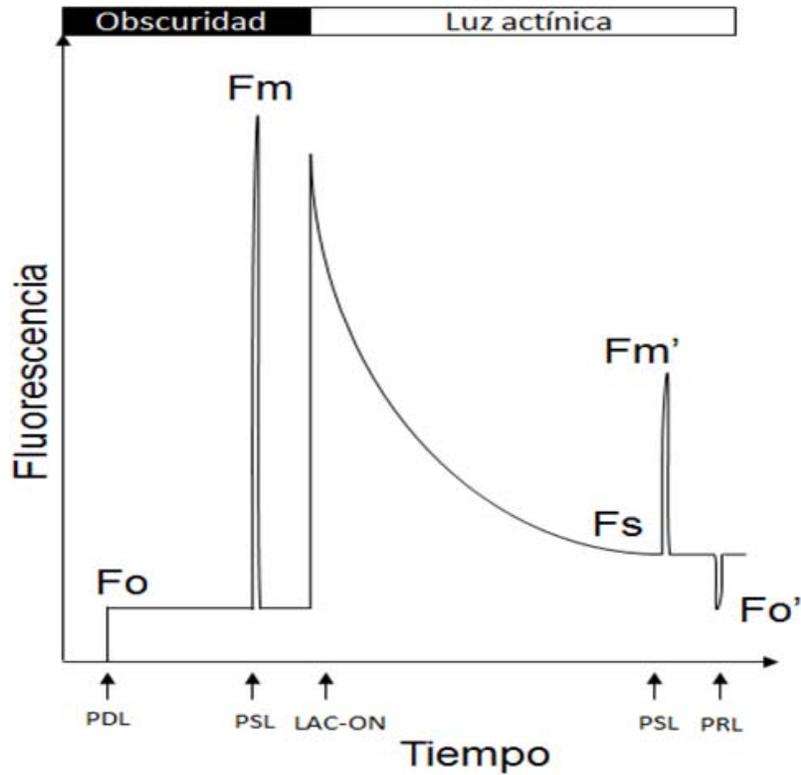


Figura 11. Representación esquemática del protocolo de Genty, 1989, de fluorescencia modulada, para la obtención de qP y NPQ, en hojas previamente acondicionadas a la oscuridad y posteriormente adaptadas a la luz. PDL=pulso débil de luz, PSL=pulso saturante de luz, LAC-ON=luz actínica constante de encendida, LAC-OFF=luz actínica constante apagada, PRL=pulso de luz rojo lejano.

Todos los registros se realizaron mediante el programa Modfluor 32. Fluorescence Monitoring Software versión 3.1. Se calcularon los parámetros NPQ ( $=F_m - F_m' / F_m'$ ); actividad no fotoquímica, es decir, energía que está siendo disipada,  $\Phi_{PSII}$  ( $=F_q' / F_m' = F_m' - F_s / F_m'$ ); rendimiento cuántico operacional, o efectivo del PSII (Genty *et al.*, 1989) y adicionalmente rETR ( $=\Phi_{PSII} * PAR$ ). (Maxwell y Johnson, 2000)

#### d. Emisión de fluorescencia de clorofila a

La actividad fotosintética por emisión de fluorescencia de clorofila a del fotosistema II (PSII) se midió mediante un fluorómetro portátil marca Pocket-PEA (Hansatech, UK) que emite un pulso de luz roja (680 nm) a una densidad de flujo fotónico de  $3500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , en hojas pre acondicionadas a la oscuridad durante 30 minutos mediante pinzas circulares de  $10 \text{ cm}^2$  (Figura 12).



Figura 12. Fluorómetro portátil marca Pocket-PEA (Hansatech, UK) y pinzas de  $10 \text{ cm}^2$  que permiten pre-acondicionar la superficie foliar a la oscuridad.

Los datos obtenidos a partir de la cinética de inducción de fluorescencia de clorofila a (Strasser *et al.*, 2000) fueron procesados con el programa Handy PEA, y analizados por la prueba JIP (Strasser y Strasser, 1995) con el programa Biolyzer 2.0. Los parámetros obtenidos se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Parámetros obtenidos a partir de la prueba JIP y sus ecuaciones generales. Modificado de González *et al.*, 2008

Parámetro	Fórmula	Definición
<b>F<sub>o</sub></b>		Fuorescencia inicial (a los 50 $\mu$ s), cuando todos los centros de reacción están oxidados
<b>F<sub>m</sub></b>		Fuorescencia máxima, cuando todos los centros de reacción están reducidos
<b>F<sub>v</sub></b>	=F <sub>m</sub> -F <sub>o</sub>	Fuorescencia variable
<b>M<sub>o</sub></b>	=(F <sub>300 <math>\mu</math>s</sub> -F <sub>o</sub> )/(F <sub>m</sub> -F <sub>o</sub> )	Velocidad con la que los centros de reacción se reducen
<b>V<sub>j</sub></b>	=(F <sub>2ms</sub> -F <sub>o</sub> )/(F <sub>m</sub> -F <sub>o</sub> )	Fuorescencia variable relativa (2ms)
<b>RC/ABS</b>	=1/(ABS/RC)	Número de centros de reacción activos
<b><math>\Phi</math>P<sub>o</sub></b>	=Tro/ABS= (F <sub>m</sub> -F <sub>o</sub> )/(F <sub>m</sub> -(1-(F <sub>o</sub> /F <sub>m</sub> )=F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub> )	Producto cuántico máximo para la fotoquímica primaria
<b><math>\Phi</math>D<sub>o</sub></b>	=Dio/ABS=1- $\Phi$ P <sub>o</sub> =F <sub>o</sub> /F <sub>m</sub>	Producto cuántico máximo de disipación energética
<b><math>\Psi</math><sub>o</sub></b>	=Eto/Tro=1-V <sub>j</sub>	Eficiencia con la que un excitón atrapado pueda mover un electrón más allá de QA-
<b><math>\Phi</math>E<sub>o</sub></b>	= $\Phi$ p <sub>o</sub> - $\Psi$ <sub>o</sub> = (Tro/ABS)/(Eto/Tro)=Eto/ABS=(1-F <sub>o</sub> /F <sub>m</sub> )(1-V <sub>j</sub> )	Probabilidad de un excitón absorbido mueva un electrón después de QA-
<b>PI</b>	=RC/ABS][ $\Phi$ p <sub>o</sub> /(1- $\Phi$ p <sub>o</sub> )]][ $\Psi$ <sub>o</sub> /1- $\Psi$ <sub>o</sub> ]	Índice de rendimiento

## 6. Resultados y análisis

### 6.1 Crecimiento

Las plantas sometidas a estrés por inundación sobrevivieron durante los 21 días de inundación, sin embargo se producen cambios metabólicos y fisiológicos que ocasionan, disminución de la biomasa, pérdida de hojas, y alteraciones en la razón vástago raíz (Pezeshki, 1991; Kozlowski, 1984), resultando en una disminución del crecimiento de la planta comparada con el tratamiento control.

Como se puede observar en la figura 13, el grupo control incrementó su peso de forma significativa durante los primeros 14 días de tratamiento; el día 21 no presenta diferencias significativas con respecto al peso seco del día 14, aunque la media es ligeramente más alta. Esto se debe a que algunas plantas empezaban a perder su primer par de hojas bifoliadas. El peso seco mínimo registrado para el grupo control fue de 0.373 g, a los siete días y el máximo 0.726 g, a los 21 días de tratamiento.

El grupo inundado se vio afectado significativamente en su desarrollo. Las plantas no presentaron incremento de peso seco durante todo el experimento (Figura 13). La caída en los valores del día 14 se deben a la pérdida prematura de las hojas bifoliadas, cabe resaltar que, a pesar del brote de las raíces adventicias para el día 21, el peso seco no se incrementa significativamente. El peso mínimo registrado en el tratamiento fue de 0.16 g, a los 14 días del tratamiento y el máximo fue de 0.57, a los 7 días del tratamiento.

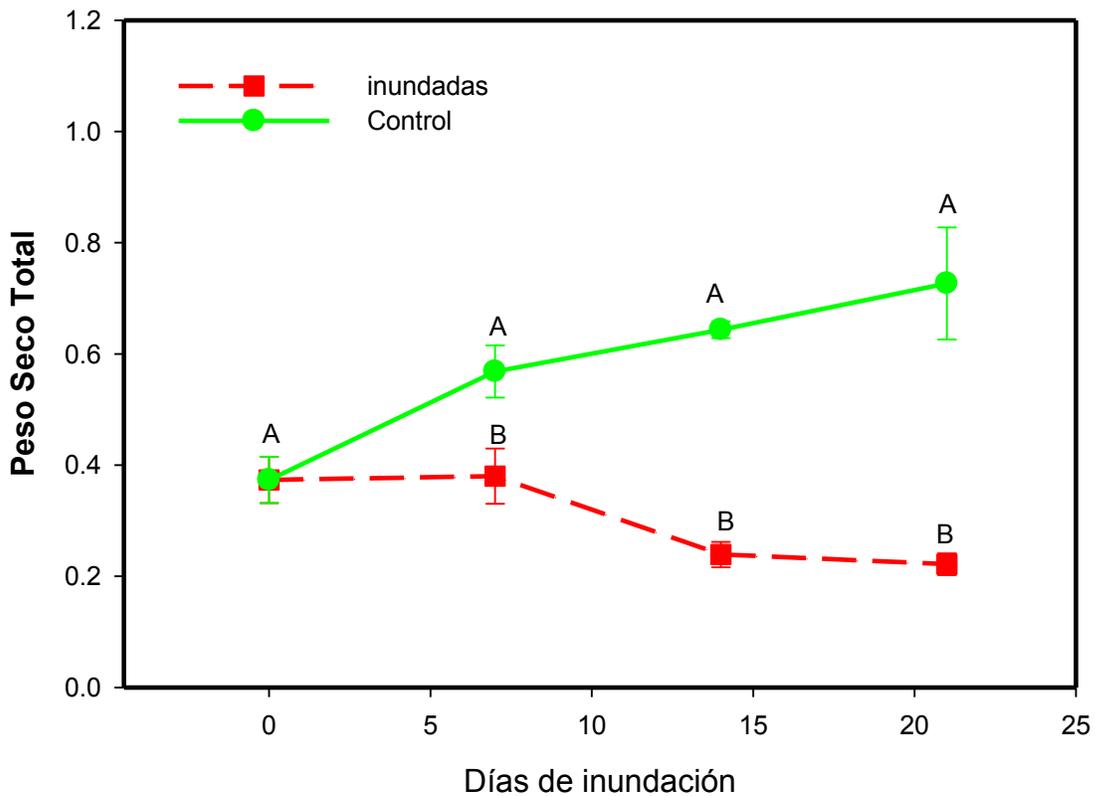


Figura 13. Efecto de la inundación en el peso seco total promedio y error estándar de *Phaseolus vulgaris* var. "Productor" durante 21 días de tratamiento. n=6. (Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey  $p < 0.05$  para cada día de inundación).

La inhibición del crecimiento ha sido ampliamente reportada durante eventos de inundación. Chen y colaboradores (2002); sustentan la hipótesis de que el crecimiento se detiene para mantener la supervivencia de la planta y reducir requerimientos energéticos. Hopkins y colaboradores (1950) además, evalúan el contenido nutricional en los tejidos de distintas plantas y encuentran que: a menores concentraciones de oxígeno la concentración de fósforo y potasio cae, tanto en raíz como en vástago. La absorción de nutrientes puede ser afectada por la desmineralización del sustrato (Pulford *et al.*, 1988) o bien, porque las raíces se acidifican y pierden conductividad hidráulica, alterando las relaciones hídricas de la planta (Tournarie-Roux *et al.*, 2003).

La pérdida de biomasa, como ya se mencionó antes, se encuentra estrechamente relacionada con el área foliar (Figura 14); en plantas inundadas este parámetro presenta un crecimiento estadísticamente similar al grupo control durante los primeros 7 días (80.063 cm<sup>2</sup> para el control y 77.813 cm<sup>2</sup> para el experimental), sin embargo, a partir de la pérdida de las hojas bifoliadas (entre los días 7 y 14), el área foliar se reduce (23.25 cm<sup>2</sup>) y no se presentan diferencias significativas el día 21 (27.563 cm<sup>2</sup>).

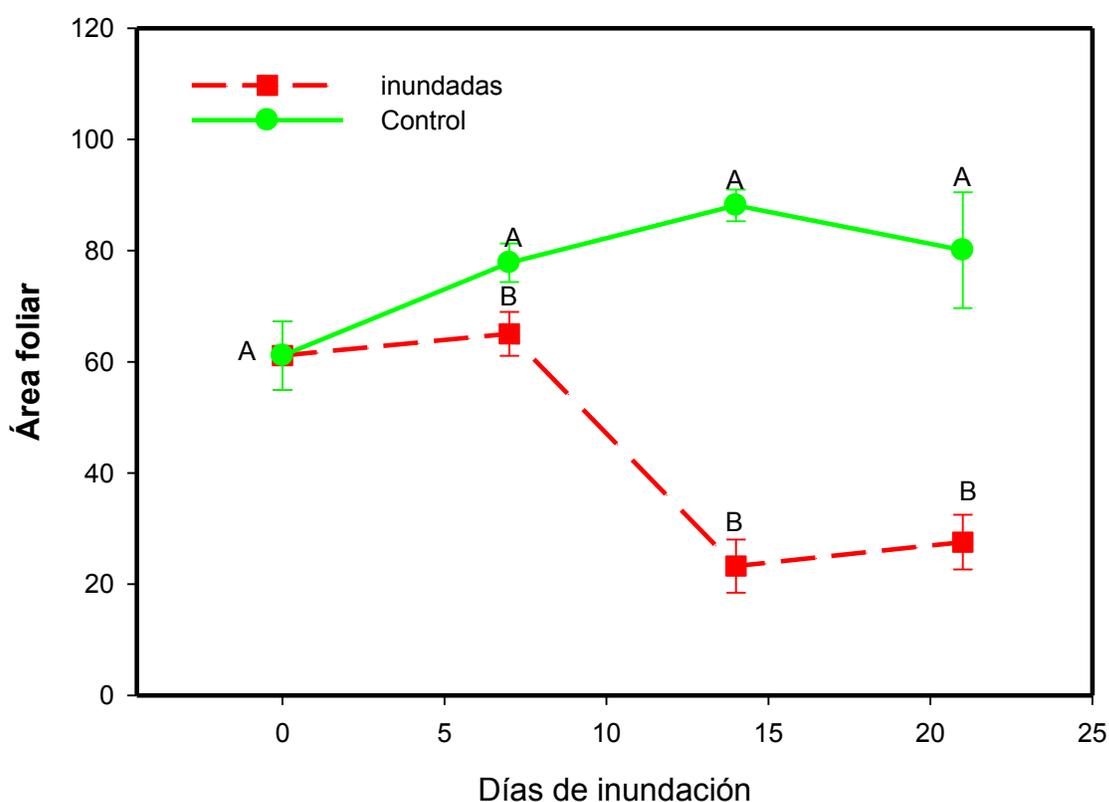


Figura 14. Efecto de la inundación sobre el área foliar de *Phaseolus vulgaris* var. "Productor" durante 21 días de tratamiento. n=6. (Letras diferente indican diferencias significativas según la prueba de Tukey p<0.05 para cada día de inundación).

La caída prematura de las hojas más antiguas ha sido ampliamente reportada por otros autores (Yu *et al.*, 2015; Pezeshki, 1991; Ruffeil *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2002). De acuerdo con Ruffeil y colaboradores (2012), el incremento de área foliar

disminuye por una deficiencia nutricional y limitadas relaciones hídricas; en estas condiciones se induce una "re-ubicación" de elementos como N, P, y K hacia las hojas más recientes (nuevos brotes), ralentizando la tasa de crecimiento foliar (Figura 17). Además, se ha demostrado que a menor concentración de oxígeno en el sustrato, menor es la elongación de las hojas (Hopkins *et al.*, 1950)

Los valores máximos de área foliar corresponden al día 14 de las plantas control (112.725 cm<sup>2</sup>). La disminución en el área foliar de las mismas en el día 21 se debe a la pérdida de algunas hojas bifoliadas durante esa semana; quedando en valores estadísticamente similares al área foliar del día 7. Además, entre el día 7 y 14 se dio el brote de las segundas hojas trifoliadas, causa probable del cambio en la velocidad (pendiente) de crecimiento en cuanto a área foliar.

Durante el crecimiento normal de una planta, teóricamente, el peso de la parte aérea y la parte subterránea de la planta tendrían que ser proporcionales; dicha característica fue evaluada por medio de la razón vástago raíz, en la que, como se observa en la figura 15, el grupo control no presenta diferencias significativas a lo largo del tiempo: es decir, la proporción se mantiene; el lote experimental, por el contrario, presenta un rápido incremento en el día 7, formando un grupo estadísticamente distinto al resto y con la media más alta (3.79). Dicho incremento puede relacionarse con un ligero crecimiento en área foliar (Figura 14), pero sin crecimiento en cuanto a peso seco total (Figura 13), sugiriendo que las raíces inhibieron su crecimiento (Pezeshki, 1991; Kozłowski, 1984) y alteraron la proporción.

Entre el día 7 y 14 las plantas inundadas pierden su primer hoja bifoliada y surgen las primeras raíces adventicias por lo tanto la proporción es nuevamente cercana a 1. Esta proporción se mantiene hasta el día 21 (Yin *et al.*, 2010; Jackson y Drew, 1984).

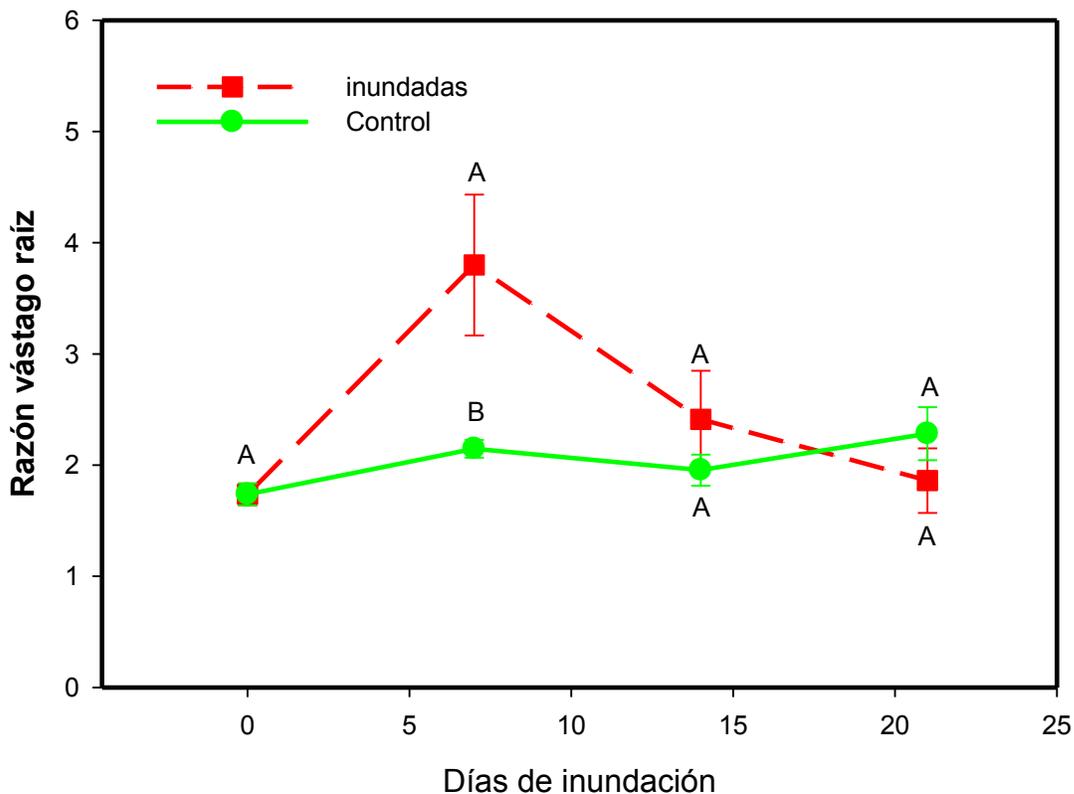


Figura 15. Efecto de la inundación sobre la razón vástago-raíz en plantas de *Phaseolus vulgaris* var. "Productor" durante 21 días de tratamiento. n=6. (Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey  $p < 0.05$  para cada día de inundación).

La formación de raíces adventicias es sumamente importante para la supervivencia de las plantas inundadas, aunque no en todas las especies se desarrollan (Hook 1984); se ha observado que mejoran la absorción de agua, aliviando efectos como cierre estomático y deficiencias nutricionales (Jackson y Drew 1984; Yin *et al.*, 2010), además de crear una rizósfera oxidada que contrarresta la formación de toxinas, y estimula el suministro de giberelinas y citoquininas, principales hormonas del crecimiento (Kozlowski, 1997). Algunas plantas pueden estimular el crecimiento del vástago, ocasionando epinastía (Pardos, 2004)

La tasa media de crecimiento relativo (Figura 16), es decir, como incrementa el material vegetal en cualquier instante de tiempo, se ve reducida significativamente

en el grupo experimental, que presenta las medias más bajas (día 14 y 21). Esta es una reacción común en casos de hipoxia y anoxia pues ya se ha presentado en otros experimentos (Chen *et al.*, 2002; Hopkins *et al.*, 1950; Pulford *et al.*, 1988). En general se debe al conjunto de adaptaciones fisiológicas y hormonales que se presentan en estos casos (Reid y Bradford, 1984). El crecimiento se reduce principalmente por falla energética (Chen *et al.*, 2002); Durante el metabolismo fermentativo se producen tan solo 2 ATP's por molécula de glucosa, contra 38 que se producen en estado aerobio. Con una producción energética tan restringida el crecimiento y el intercambio de iones quedan "limitados" para poder mantener los procesos celulares esenciales (Voeselek, 1992)

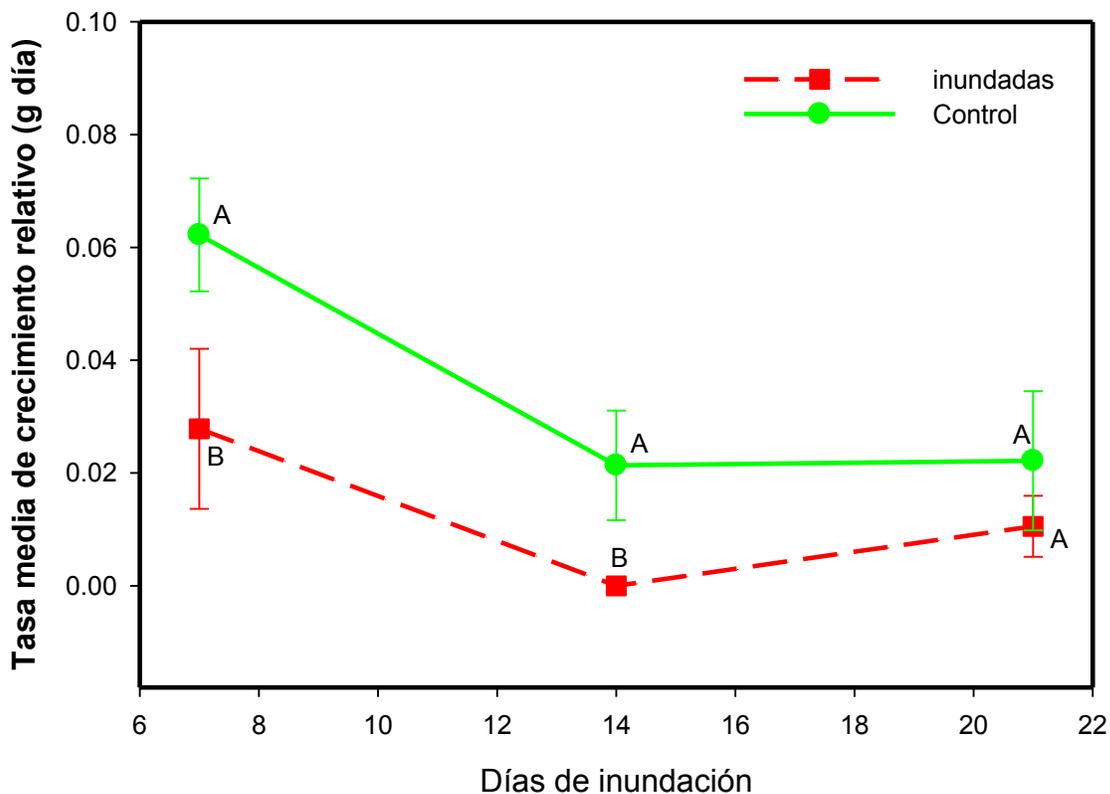


Figura 16 Efecto de la inundación sobre la tasa media de crecimiento relativo en *Phaseolus vulgaris* var. "Productor" durante 21 días de inundación, n=6. (Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey  $p < 0.05$ ).

Sin embargo, mientras más pasa el tiempo la tasa de crecimiento es menor en ambos tratamientos (Control y experimentales). En las plantas inundadas se justifica fácilmente por el estrés al que están sometidas, sin embargo, algo similar ocurre con el grupo de plantas control; la media más alta se presenta en la primer semana de tratamiento (0-7 días) que corresponde con la pendiente más pronunciada en las gráficas de peso seco y área foliar, sin embargo los días 14 y 21, se presentan como estadísticamente iguales y con medias mucho más bajas que a los 7 días (de hecho iguales al lote experimental en el día 7). Aguilar García, y colaboradores en 2005 lo atribuyen al auto sombreado que se generan. Esto coincide con lo que ocurre en las plantas control pues la tasa de crecimiento se reduce a los 14 días, que es cuando surgen las segundas hojas trifoliadas y las primeras hojas trifoliadas y las bifoliadas se encontraban totalmente expandidas.

Además del crecimiento en peso seco de la planta, también se calculó el incremento en peso seco de las hojas; La tasa media de crecimiento relativo foliar. Sin embargo, como se puede observar en la figura 17, no se presentaron diferencias significativas a lo largo del tiempo, a pesar de que el área foliar y el peso seco si incrementan.

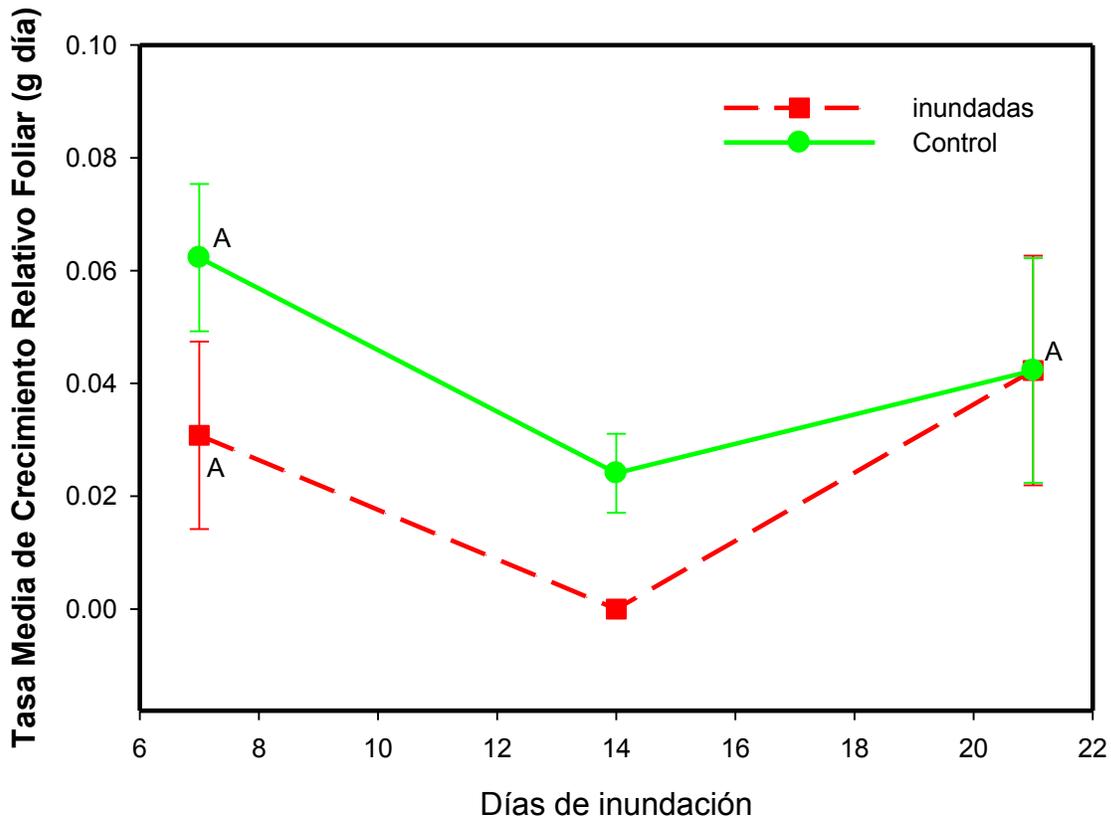


Figura 17 Efecto de la inundación sobre la tasa media de crecimiento relativo foliar en a *Phaseolus vulgaris* var. "Productor" durante 21 días de inundación, n=6. (Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey  $p < 0.05$  para cada día de inundación).

Vernescu y Ryser (2009) estudiaron las limitaciones "biomecánicas" (relacionadas con el tamaño y peso de la hoja) que determinan el área foliar de una planta de humedal. En sus resultados encontraron que algunas plantas incrementaban su área foliar aunque disminuían la densidad, el grosor y el peso seco de las hojas, un mecanismo adaptativo que ellos describen como una ventaja, no solo en cuanto a la "reducción en los costos-materia para un volumen determinado" sino también para la estructura mecánica que la planta sustenta; es decir, al tener hojas más delgadas la planta requiere menos fuerza para sostenerlas, entendiendo como "fuerza" al grosor de sus paredes celulares en tallos y hojas. En ecología estas adaptaciones son costo beneficio, también llamadas trade-off's; es

decir, las plantas bajo este tipo de estrés estimulan la superficie foliar aunque la formación de tejidos se vea comprometida.

Dos años después (2011) Ryser y colaboradores obtuvieron resultados similares con *Alisma triviale*, una hierba semi-acuática, y Opik en 1973 reporta que plántulas de *Oryza sativa* cultivados en anaerobiosis presentaron paredes celulares más delgadas y baja diferenciación celular tras 4 días de inundación; "las plántulas eran más estrechas y delicadas".

Esta respuesta de las hojas tiene cierta similitud a lo que ocurre en plantas acuáticas o anfibas que producen hojas "acuáticas" (Voesenek *et al.*, 1992; Mommer y Visser, 2005); hojas más delgadas de lo normal, cuya característica principal es la carencia de estomas y cutícula, que permiten la absorción de CO<sub>2</sub> por difusión, a través de las células epidérmicas

En la Figura 18 se presenta el incremento de material vegetal (peso seco) por unidad de material asimilatorio (área foliar) en un tiempo determinado, también llamado: tasa foliar unitaria (E).

En este caso, existen diferencias significativas entre tratamientos durante todo el experimento, aunque ambos tratamientos siguen la misma tendencia.

El mayor incremento de peso seco total con respecto al área foliar de cada planta, se presenta el día 7 para ambos tratamientos (0.00041 g cm<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> y 0.00016 g cm<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> respectivamente). El grupo control sin embargo, tiende a disminuir su aprovechamiento, y como ya ha sido reportado por Aguilar García y colaboradores (2005), esto puede atribuirse al inicio de la senescencia de algunas hojas, o bien, al auto sombreado que se genera entre las plantas; esto coincide con el incremento en el área foliar en el día 14 (Figura 14).

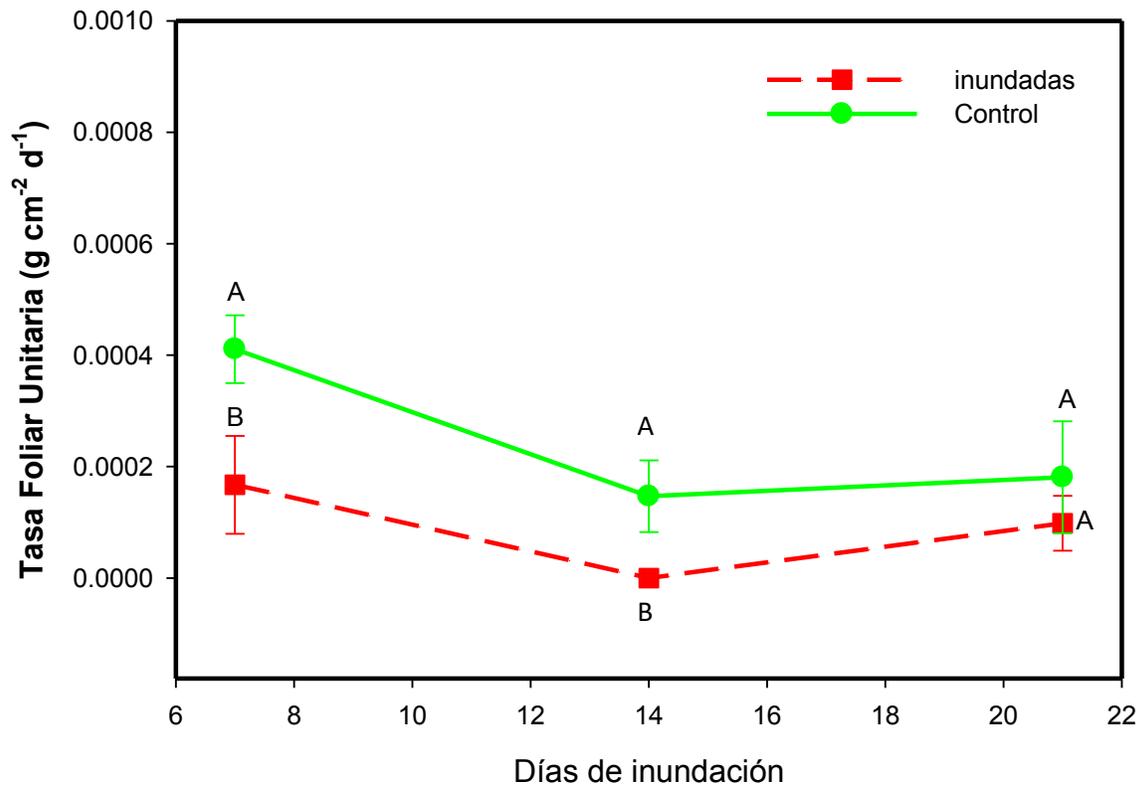


Figura 18. Efecto de la inundación en la Tasa Foliar Unitaria de *Phaseolus vulgaris* var. "Productor" durante 21 días de tratamiento. n=6. (Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey  $p < 0.05$  para cada día de inundación).

Para el caso del grupo experimental, no hubo auto sombreado entre las plantas pues el área foliar fue significativamente reducida con respecto al control, sin embargo, la reducción significativa en E coincide con las tasas más bajas de crecimiento y peso seco previamente atribuidas al conjunto de deficiencias y/o alteraciones que sufre la planta de bajo condiciones de hipoxia (De La Cruz *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2002)

La razón de área foliar (F) se refiere a la relación entre material asimilatorio y la biomasa que este sustenta (peso seco total).

Las plantas control se mantienen estables (estadísticamente) a lo largo del experimento pues el peso del vástago fue proporcional al de la raíz (Coincide con Figura 15)

En cambio, las plantas inundadas presentan el valor más alto en cuanto a razón de área foliar durante la semana 0-7; esto se debe a la falta de crecimiento de las raíces (Ver Figura 19), es decir, la mayor parte del peso seco total correspondía al peso de las hojas (material asimilatorio). El valor se reduce cuando la planta pierde sus hojas bifoliadas y desarrolla raíces adventicias pues ahora el peso es equiparable. El amplio error que se observa en el día 14 de las plantas inundadas se debe a que una de las plantas no presentó aumento de área foliar y por lo tanto la diferencia de peso es 0; la ecuación no puede realizarse y se tomó como razón de área foliar = 0.

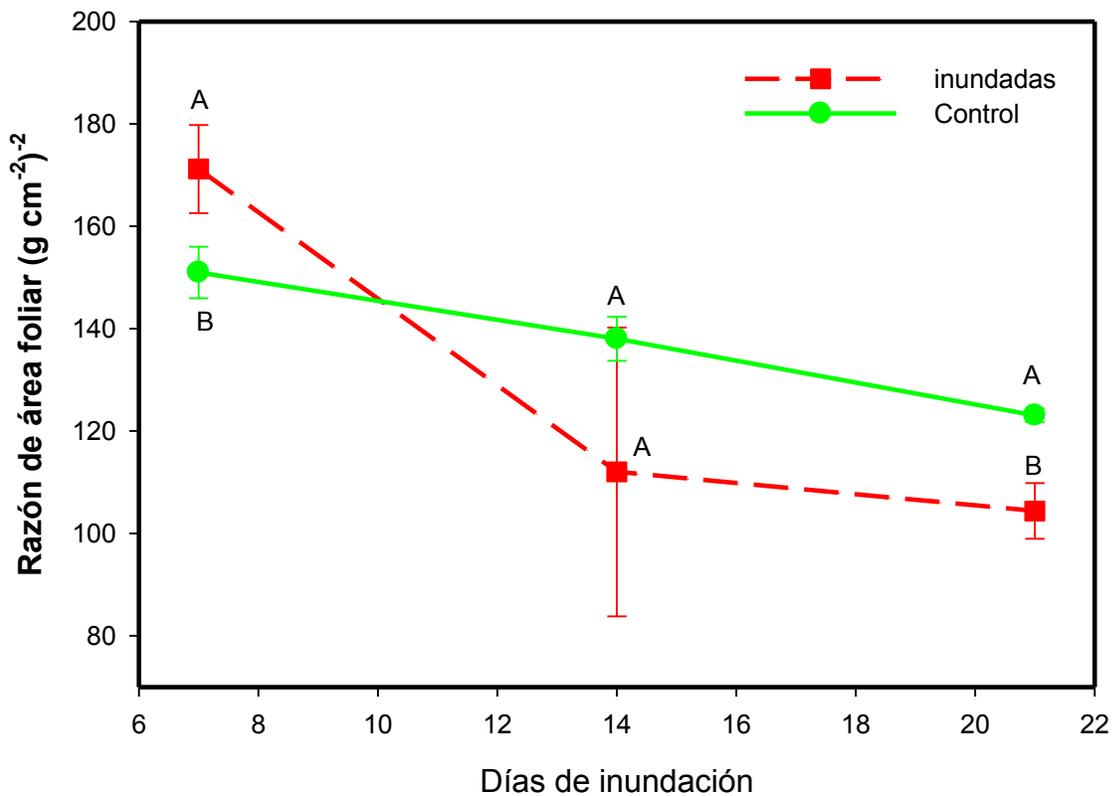


Figura 19. Efecto de la inundación en la Razón de área foliar de *Phaseolus vulgaris* var. "Productor" durante 21 días de tratamiento. n=6. (Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey  $p < 0.05$  para cada día de inundación).

Como ya se ha discutido antes, el crecimiento general y de la raíz se ve severamente afectado durante la inundación (Pezeshki, 1991; Kozlowski, 1984). Para el crecimiento óptimo de la raíz, proliferación y productividad alta, son esenciales: bio-disponibilidad de nutrientes en el suelo (nitrógeno, fósforo, hierro y azufre) y fotosintatos transportados (Glúcidos que se producen durante la fijación de CO<sub>2</sub>) (Lopez-bucio *et al.*, 2003), sin embargo estos dos procesos siempre se ven modificados en ausencia de oxígeno; la disponibilidad y capacidad de absorción de estos elementos se ve limitada por el metabolismo de organismos anaerobios y la acidificación del pH en el agua (Unger *et al.*, 2009; Taiz y Zeiger, 2002; Pardos *et al.*, 2004).

De acuerdo con Schluter y Crawford (2001), se han observado dos respuestas distintas de crecimiento ante eventos de inundación; algunas especies sostienen la elongación del vástago, generalmente ocasionando epinastía y otras que sobreviven a la ausencia de oxígeno, pero detienen su crecimiento e invierten toda la energía en mantener el metabolismo (Schluter y Crawford, 2001).

Los presentes resultados indican que *Phaseolus vulgaris* var. "Productor" es del segundo tipo; detiene su crecimiento pero sobrevive a los 21 días de inundación, aunque las alteraciones en su crecimiento sugieren que la eficiencia en la fijación de CO<sub>2</sub> y el intercambio gaseoso se encuentran alterados (Else, et al., 1996). Ambos procesos se encuentran estrechamente relacionados con la fotosíntesis y el transporte electrónico (Taiz y Zeiger, 2002).

## 6.2 Fijación de CO<sub>2</sub> e intercambio de gases

La tasa de fijación de CO<sub>2</sub> fue determinada como los  $\mu$ moles de CO<sub>2</sub> fijado por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) por segundo (s), como se puede observar en la figura 20 la tasa se reduce principalmente el día 7 en las plantas inundadas. En este día se presentan los valores más cercanos a 0 (0.4  $\mu$ mol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), y aunque aumenta un 85.9% para los días 14 y 21, no se compara con la fijación de CO<sub>2</sub> que realizan las plantas control (284.7% más; con respecto al día 14 en plantas inundadas);

estos días coinciden con el brote de las primeras y segundas hojas trifoliadas (respectivamente).

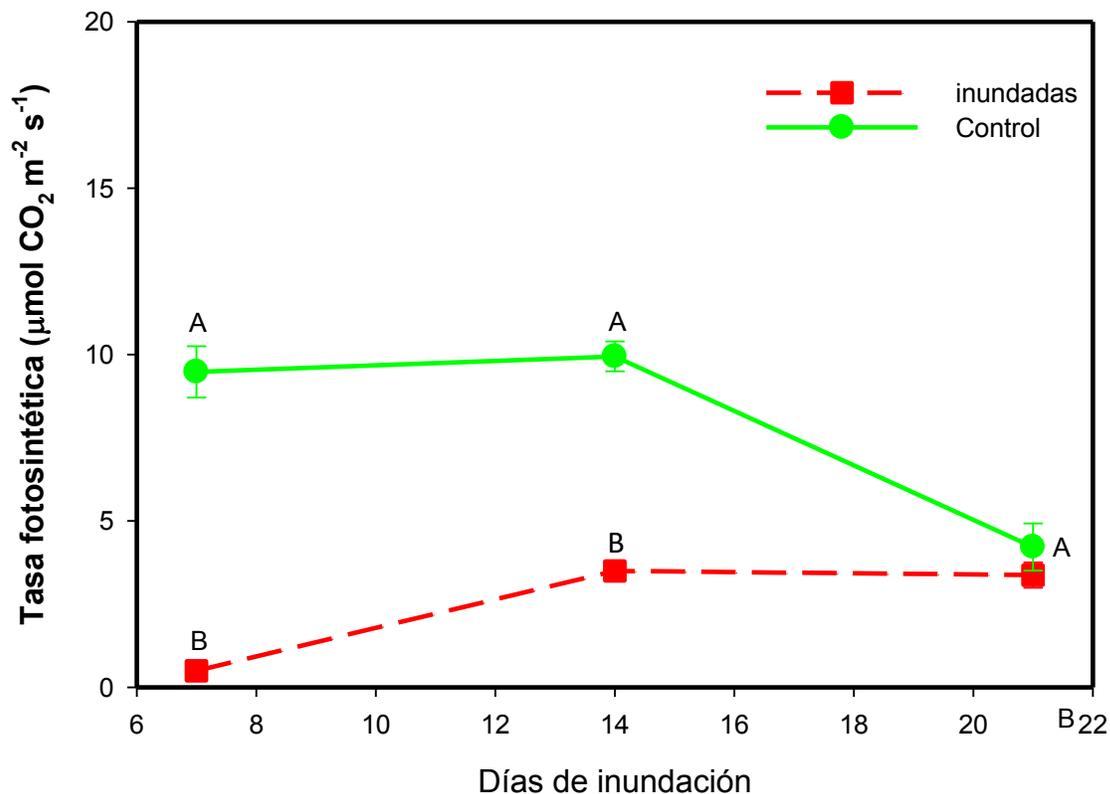


Figura 20. Efecto de la inundación en la tasa de fijación de CO<sub>2</sub> (µmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) de *Phaseolus vulgaris* var. “Productor” tras 21 días de inundación n=5 (Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey p<0.05 para cada día de inundación).

Una limitada tasa de fijación de CO<sub>2</sub> puede ser ocasionada por dos factores; un daño oxidativo en la maquinaria fotosintética que limite la producción de NADPH durante el transporte electrónico (Ahmed *et al.*, 2002; González *et al.*, 2008), o bien, debido a la limitada absorción de CO<sub>2</sub>, producto del cierre estomático (Striker, 2012). Como podemos observar en la Figura 21A, el cierre estomático puede explicar la reducción en la tasa de fijación de CO<sub>2</sub> hasta los 14 días, sin embargo, el día 21, a pesar de que la conductancia estomática es casi nula hay fijación de CO<sub>2</sub> al mismo nivel que el día 14.

A pesar de presentar bajas tasas de fijación de CO<sub>2</sub>, las plantas inundadas se ha reportado que utilizan las reservas de almidón y otros carbohidratos (azúcares no reducidos) como sustrato de la respiración mitocondrial siempre y cuando haya una concentración mínima de oxígeno (Mommer y Visser, 2005; Sairam *et al.*, 2009). Sin embargo, cuando la inundación ocurre en plantas terrestres, es inevitable que se presenten deficiencias energéticas y de carbohidratos.

Según Mommer y Visser, en el 2005; algunas plantas inundadas (sumergidas totalmente) pueden generar alternativas que compensan la demanda de CO<sub>2</sub>. Una de ellas es cambiar el metabolismo fotosintético y utilizar bicarbonato (HCO<sub>3</sub>) como fuente de carbono (característico de plantas C<sub>4</sub>), otra opción es cambiar al metabolismo CAM, que permite utilizar el CO<sub>2</sub> generado en el sustrato por microorganismos anaerobios, o la tercera opción: se forman "hojas acuáticas" que maximizan su área foliar pero son más delgadas y carentes de estomas; la absorción de CO<sub>2</sub> se realizaría entonces por difusión, a través de las células epidérmicas y/o una cutícula muy delgada.

La opción de las hojas carentes de estomas podría coincidir con el crecimiento relativo foliar (Figura 17), pues al parecer, las hojas crecen en área pero no en peso seco. Sin embargo esta adaptación plástica solo se ha reportado en especies acuáticas o anfibias (Bruni *et al.*, 1996; Jones *et al.*, 2000)

La fijación de carbono en el grupo control se presenta estable hasta los 14 días; la caída que se presenta para el día 21 puede ser atribuida a que, la medición se realizó en la segunda hoja trifoliada, cuyo crecimiento aún estaba en proceso. De acuerdo con Bidwell (2000), a pesar de que las hojas en crecimiento ya sean verdes, muchas veces no realizan fotosíntesis con la misma eficiencia que aquellas que ya han alcanzado su tamaño; el CO<sub>2</sub> que se absorbe se usa para la formación de proteínas estructurales, enzimáticas y otros componentes del propio sistema fotosintético.

La absorción de CO<sub>2</sub> y las tasas de transpiración dependen principalmente de la apertura estomática de la hoja (Taiz y Zeiger, 2002); Los presentes resultados muestran que ambos parámetros (Conductancia estomática; mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> y tasa

de transpiración  $\text{nmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) siguen la misma tendencia a lo largo del experimento en ambos tratamientos (Figura 21):

Para las plantas control los valores se mantienen estables hasta el día 14; el día 21 parece haber sido afectado por auto sombreado. El grupo experimental presenta apertura estomática y transpiración casi nulas (muy cercanas a cero) en el día 7 y 21. El día 14 se presentan los valores más altos y coinciden con las tasas de fijación de  $\text{CO}_2$  más altas, sin embargo tan solo representan el 30.27% (conductancia estomática) y 34.28% (transpiración) respecto al control. No se observa marchitez en las hojas, solo clorosis (Figura 22).

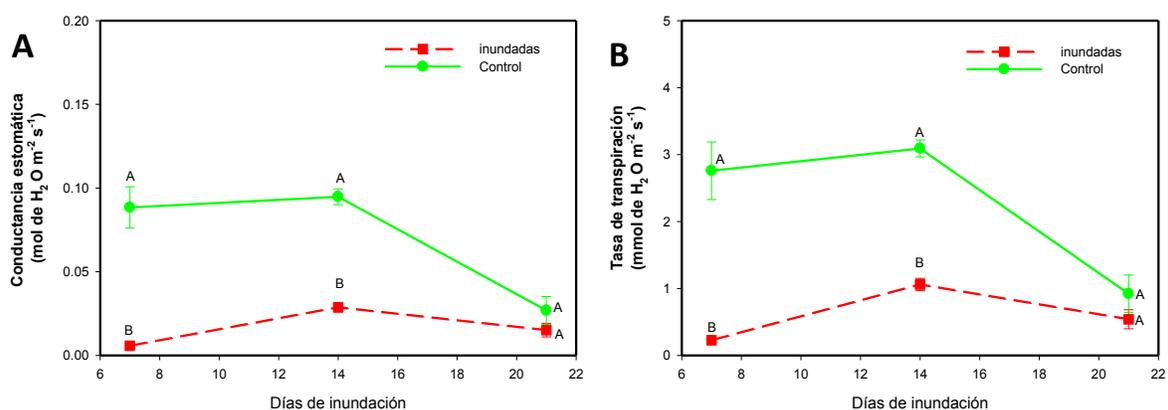


Figura 21. Efecto de la inundación sobre la conductancia estomática y tasa de transpiración de *Phaseolus vulgaris* var. "Productor" tras 21 días de inundación. n=5 (Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey  $p < 0.05$  para cada día de inundación).

Una de las primeras respuestas fisiológicas ante la inundación es el cierre estomático y bajas tasas de transpiración (Issarakraisila *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2002; Ruffeil *et al.*, 2012). Todos los autores coinciden en que; tras un evento de inundación, las raíces pierden su función; la absorción de agua y nutrientes minerales se ve afectada y por lo tanto las hojas se marchitan (en algunas especies), como ocurre durante las sequías (Ahmed *et al.*, 2006). Los estomas se cierran para evitar la pérdida de agua por transpiración, sin embargo, también se afecta la absorción de  $\text{CO}_2$  (indispensable para la fotosíntesis) y por ende, la formación de glúcidos que sustentan el crecimiento (Sairam *et al.*, 2009).

La hormona reguladora de la apertura estomática es el ácido abscísico (ABA), que además, se ha observado que detiene la formación de etileno: principal hormona producto del metabolismo anaerobio durante la inundación, que inhibe el crecimiento en plantas terrestres y lo estimula en plantas anfibias (Bidwell, 2000; Ahmed *et al.*, 2006)



Figura 22. Efecto de la inundación en hojas de *Phaseolus vulgaris* después de 7 días de inundación: hojas bifoliadas cloróticas.

Es esta acumulación de etileno que desencadena una serie de adaptaciones plásticas en las raíces y vástago de plantas inundadas: la formación de aerénquima y raíces adventicias que mejoran la absorción de agua (relaciones hídricas), estimulando la reapertura estomática (Kozlowski, 1997) y el transporte de gases (como el oxígeno y CO<sub>2</sub>) desde los tejidos aéreos y a través del vástago (Striker, 2012)

El brote de las primeras raíces adventicias se observa a los 14 días de inundación (Figura 23), fecha que coincide con las tasas de fijación de CO<sub>2</sub> más "elevadas" en el grupo experimental. Aunque las raíces adventicias continúan su crecimiento; para el día 21 las relaciones hídricas se encuentran nuevamente inhibidas.

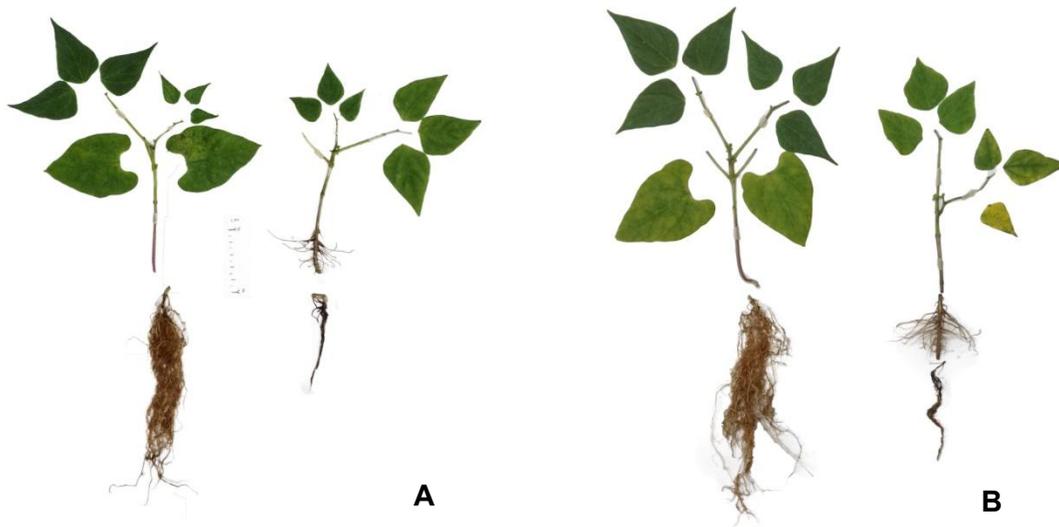


Figura 23. Efecto de la inundación en raíces de *Phaseolus vulgaris* variedad Productor. La figura A muestra el efecto a los 14 días y la figura B a los 21 días de tratamiento

La falta de carbohidratos aprovechables puede ser el principal responsable de los daños por falta de oxígeno (Sairam *et al.*, 2009). Cuando una planta no puede realizar la fotosíntesis, o no tiene una fuente de CO<sub>2</sub> para formar glúcidos aprovechables, puede usar carbohidratos de reserva como base para iniciar la respiración mitocondrial. En este caso, la supervivencia de la planta dependería de la reserva de cada organismo (Crawford and Braendle, 1996).

Una forma de aliviar la falta de oxígeno y carbohidratos, según proponen Mommer y Visser (2005), sería mantener activa la fotosíntesis (pues produce ambos) y evitar que sus productos se difundieran fuera de los tejidos (oxígeno); de esta forma las reservas de carbohidratos no se agotarían, pues se producirían nuevos mediante la fijación del carbono (CO<sub>2</sub>), y el oxígeno liberado serviría para activar la respiración aerobia en órganos sumergidos; aumentando la eficiencia energética en cuanto a producción de ATP's, sin embargo, esto solo podría ocurrir en plantas acuáticas o semi-acuáticas sumergidas y capaces de formar hojas acuáticas.

### 6.3 Liberación de oxígeno fotosintético

La liberación de oxígeno es la llave de inicio en la fotosíntesis; se lleva a cabo a través del complejo liberador de oxígeno (CLO). Es una etapa crucial en la que, los fotones captados por el complejo antena (4 fotones por cada molécula de  $O_2$ ), en conjunto con el CLO y algunos cofactores como el Mn y Ca, oxidan una molécula de agua y la separan en dos protones  $H^+$  y un oxígeno. Por Cada dos moléculas de agua se libera un  $O_2$  en el lumen tilacoidal (que después se mueve por difusión fuera de la célula). Los protones  $H^+$  y electrones serán utilizados para el transporte a través de la cadena fotosintética y la síntesis de ATP en la membrana tilacoidal (Taiz y Zeiger, 2002).

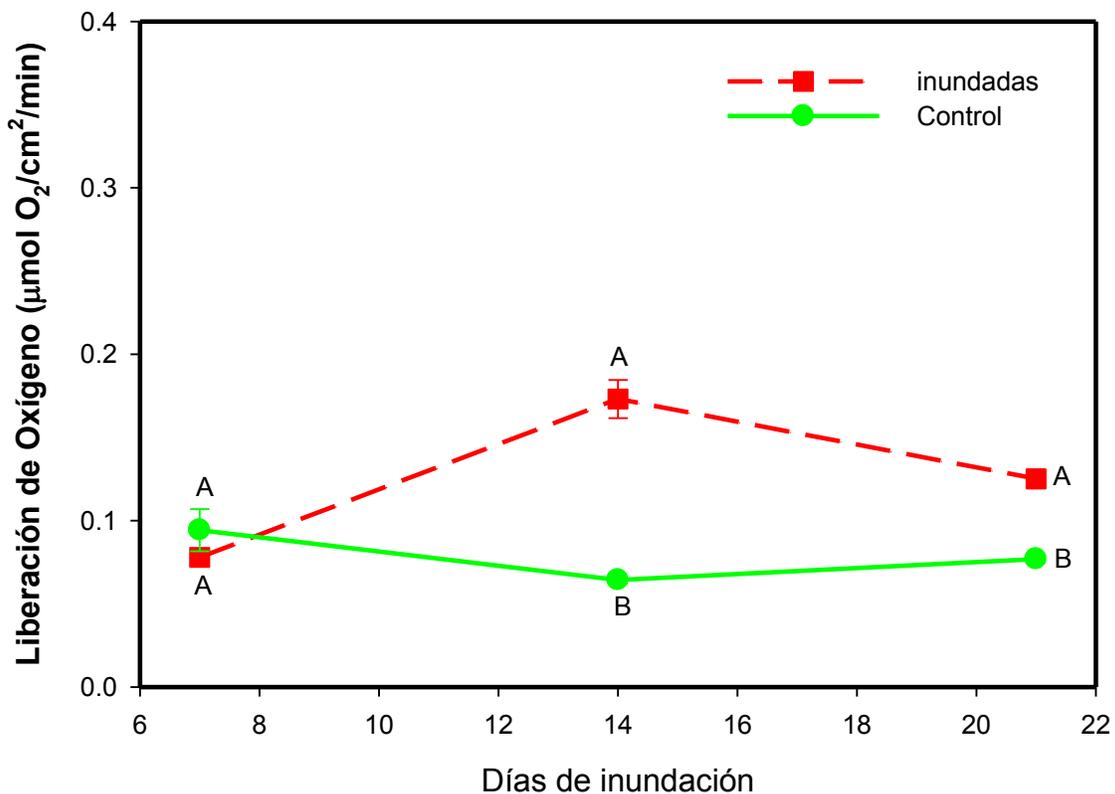


Figura 24. Efecto de la inundación en la liberación de oxígeno de *Phaseolus vulgaris* var. "Productor" durante 21 días de tratamiento.  $n=9$ . (Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey  $p<0.05$  para cada día de inundación).

Los presentes resultados indican que el grupo experimental mantuvo una tasa de liberación de oxígeno más elevada que las plantas control, excepto el día 7. Este resultado se relaciona con el número de centros de reacción activos (RC); el día 7 las plantas control presentaron más RC que las plantas inundadas y lo contrario ocurrió el día 14 ( $0.173 \mu\text{mol}$  de  $\text{O}_2$ ), que además coincide con la apertura estomática (Figura 21A), y tasas de fijación de  $\text{CO}_2$  más altas para el grupo experimental (Figura 20). El día 21 la liberación de oxígeno en plantas inundadas tiende a bajar; lo mismo ocurre con el número de centros de reacción, sin embargo, la pendiente drástica que se observa en la figura 32 (RC) está relacionada con una reducción en el contenido de clorofilas totales.

Cabe resaltar que un incremento en la liberación de Oxígeno no significa que la fotosíntesis se este realizando. Puede haber algún daño oxidativo en la cadena que limite el transporte electrónico y/o durante la fijación de  $\text{CO}_2$  (González *et al.*, 2008)

El consumo de oxígeno atmosférico en plantas inundadas está relacionado con la aireación de órganos y tejidos; principalmente los tejidos sumergidos como la raíz. La forma más directa de transportarlo es a través de las lagunas aerenquimatosas que se desarrollan producto de la acumulación de etileno (Yin *et al.*, 2010; Striker, 2012; Kozlowski, 1997)

Las plantas con inundación durante el día 7 (Figura 25) presentaron la media más baja del tratamiento ( $0.01925 \mu\text{mol}$  de  $\text{O}_2$ ), sin embargo, esta se encuentra por encima del grupo control ( $0.01289 \mu\text{mol}$  de  $\text{O}_2$ ). Lo mismo ocurre el día 21; las plantas inundadas ( $0.0258 \mu\text{mol}$  de  $\text{O}_2$ ) presentan una media de consumo de oxígeno mayor que las plantas del grupo control ( $0.0193 \mu\text{mol}$  de  $\text{O}_2$ ). El día 14, a diferencia del resto, el grupo control presenta un incremento del 158% con respecto al grupo experimental, media más alta de consumo de oxígeno durante todo el experimento ( $0.46513 \mu\text{mol}$  de  $\text{O}_2$ ).

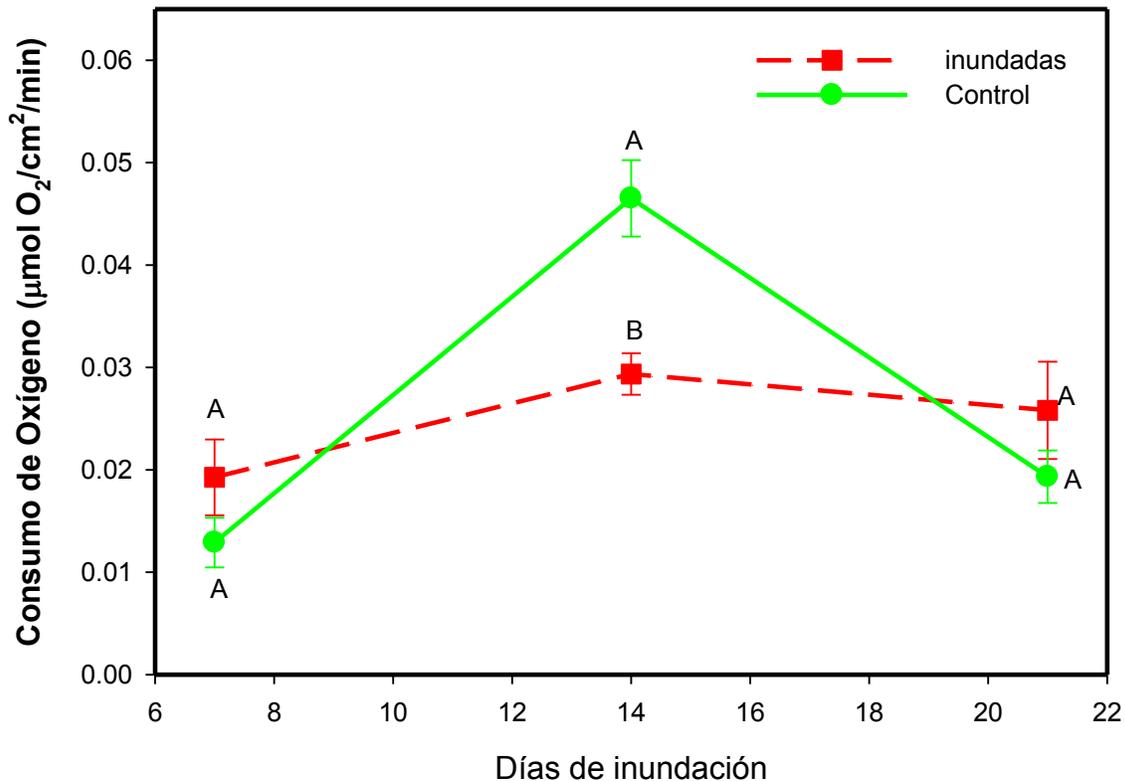


Figura 25. Efecto de la inundación en el consumo de oxígeno de *Phaseolus vulgaris* var. "Productor" durante 21 días de tratamiento. n=9. (Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey  $p < 0.05$  para cada día de inundación).

Durante la inundación el consumo y transporte de oxígeno es fundamental para que la respiración oxigénica no cese por completo (Jackson y Drew, 1984; Yin *et al.*, 2010), sin embargo el intercambio de gases se encuentra limitado por la apertura o cierre estomáticos; en este caso, la tendencia de las plantas inundadas coincide con la Figura 21 de conductividad estomática y transpiración, cuya máxima apertura ocurre en el día 14.

De acuerdo con Bidwell (2000), la fotosíntesis (en plantas no estresadas, en este caso el control) se realiza en vastas cantidades, incluso más de lo necesario, manteniendo algunos órganos adyacentes bien oxigenados. Esto me permite teorizar que las plantas del grupo control usan el oxígeno liberado durante la fotosíntesis de una forma eficiente y por lo tanto, absorber oxígeno atmosférico no

sería fundamental. Además, el incremento que se presenta el día 14 coincide con el brote de la segunda hoja trifoliada (en la que se realizaron las mediciones) y por lo tanto, al estar en formación, sus requerimientos energéticos deben ser superiores, por eso la respiración (principal aporte de ATP) se encuentra estimulada.

#### 6.4 Pigmentos

Los pigmentos fotosintéticos, como son la clorofila a, b y carotenoides son los componentes principales de los complejos antena (LHC II) en el PSII. Son los encargados de absorber fotones y transferirlos a los complejos proteicos que inician el transporte electrónico (González *et al.*, 2008; Taiz y Zeiger, 2002).

Como podemos observar en el cuadro 2, la clorofila a y b ( $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) disminuyen significativamente con respecto al control, excepto en el día 14, coincidiendo nuevamente con la mayor tasa de fijación de  $\text{CO}_2$  y eficiencia en el transporte electrónico (Ver figura 20 y 26).

Cuadro 2. Efecto de la inundación en la concentración de pigmentos ( $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) en hojas de *Phaseolus vulgaris* variedad "Productor". Indica diferencias significativas con respecto al control.

Día	Clorofila a ( $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ )		Clorofila b ( $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ )		Clorofilas totales ( $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ )		Carotenoides ( $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ )	
	inundados	no inundados	inundados	no inundados	inundados	no inundados	inundados	no inundados
7	4.26 $\pm$ 2.45*	25.86 $\pm$ 1.83	1.55 $\pm$ 0.86*	7.69 $\pm$ 0.37	5.82 $\pm$ 3.30*	33.55 $\pm$ 2.15	3.36 $\pm$ 0.28	3.30 $\pm$ 0.56
14	20.44 $\pm$ 6.35	18.34 $\pm$ 0.46	11.07 $\pm$ 4.89	5.97 $\pm$ 0.21	31.51 $\pm$ 1.47*	24.32 $\pm$ 0.51	4.34 $\pm$ 3.78	3.97 $\pm$ 0.48
21	10.17 $\pm$ 3.71*	21.85 $\pm$ 2.15	2.93 $\pm$ 1.10*	6.58 $\pm$ 0.59	13.10 $\pm$ 4.79*	28.42 $\pm$ 2.67	4.11 $\pm$ 0.74	5.14 $\pm$ 0.86

Rufeil y colaboradores (2012) reportan severas deficiencias en la absorción y transporte de nutrientes desde la raíz hacia la parte aérea de la planta. Algunos de estos minerales, como Fe, Mn, Cu, etc. son esenciales para la síntesis de pigmentos (Bidwell, 2000) y por lo tanto, el déficit de absorción que sufren las raíces puede estar inhibiendo su formación. Además, el aumento en la síntesis de

pigmentos el día 14 coincide con el brote de las primeras raíces adventicias (Figura 23).

Durante la inundación se han reportado clorosis (Yin *et al.*, 20010) y reducción en la concentración de clorofilas; en consecuencia, el rendimiento cuántico para la fotoquímica primaria se reduce (Sairam *et al.*, 2009; Naumann *et al.*, 2008), es decir, hay menos pigmentos atrapando energía para iniciar el transporte electrónico y la eficiencia disminuye (Figura 28).

Los carotenoides no presentan diferencias significativas con respecto al control durante todo el experimento; de acuerdo con Taiz y Zeiger (2002), los carotenoides son pigmentos que fungen como fotoprotectores de la cadena fotosintética. En este caso, no se presentan cambios significativos en su concentración; puede ser debido a las deficiencias energéticas o bien a que no hay estrés lumínico durante el experimento.

## *6.5 Actividad Fotoquímica, transporte electrónico in vivo y disipación térmica*

La producción fotosintética de oxígeno y la fijación de CO<sub>2</sub> son procesos que están directamente relacionados con la absorción de energía lumínica y el transporte electrónico en la membrana tilacoidal. Estos procesos pueden ser monitoreados a través de la emisión de fluorescencia de la clorofila a del fotosistema II.

### *6.5.1 Eficiencia cuántica operacional*

La velocidad de transporte electrónico medido por la emisión de fluorescencia, representa el producto fotoquímico operacional del PSII. Este parámetro se relaciona con la eficiencia del PSII cuando el flujo de electrones entre PSII y PSI está en equilibrio con la fijación de CO<sub>2</sub>, de esta manera cualquier evento que modifique el transporte o equilibrio de electrones en toda la cadena transportadora de electrones [H<sub>2</sub>O → PSII → PSI → NADP<sup>+</sup>], modificará este parámetro de manera directa.

La eficiencia cuántica operacional ( $\Phi_{PSII}$ ), proporciona una imagen más exacta del funcionamiento del transporte electrónico, ya que esta refleja la capacidad fotosintética del sistema para mantener abiertos los centros de reacción en la luz. La figura 26 presenta las curvas de saturación lumínica para cada tratamiento a los 7, 14 y 21 de iniciado el tratamiento. Se puede observar que a los siete días, las plantas inundadas presentan una actividad máxima menor, saturándose el transporte electrónico a valores de irradiación más bajos, sin embargo, a los 14 y 21 días de tratamiento las curvas de saturación son similares, siendo inclusive superior en las hojas de plantas inundadas.

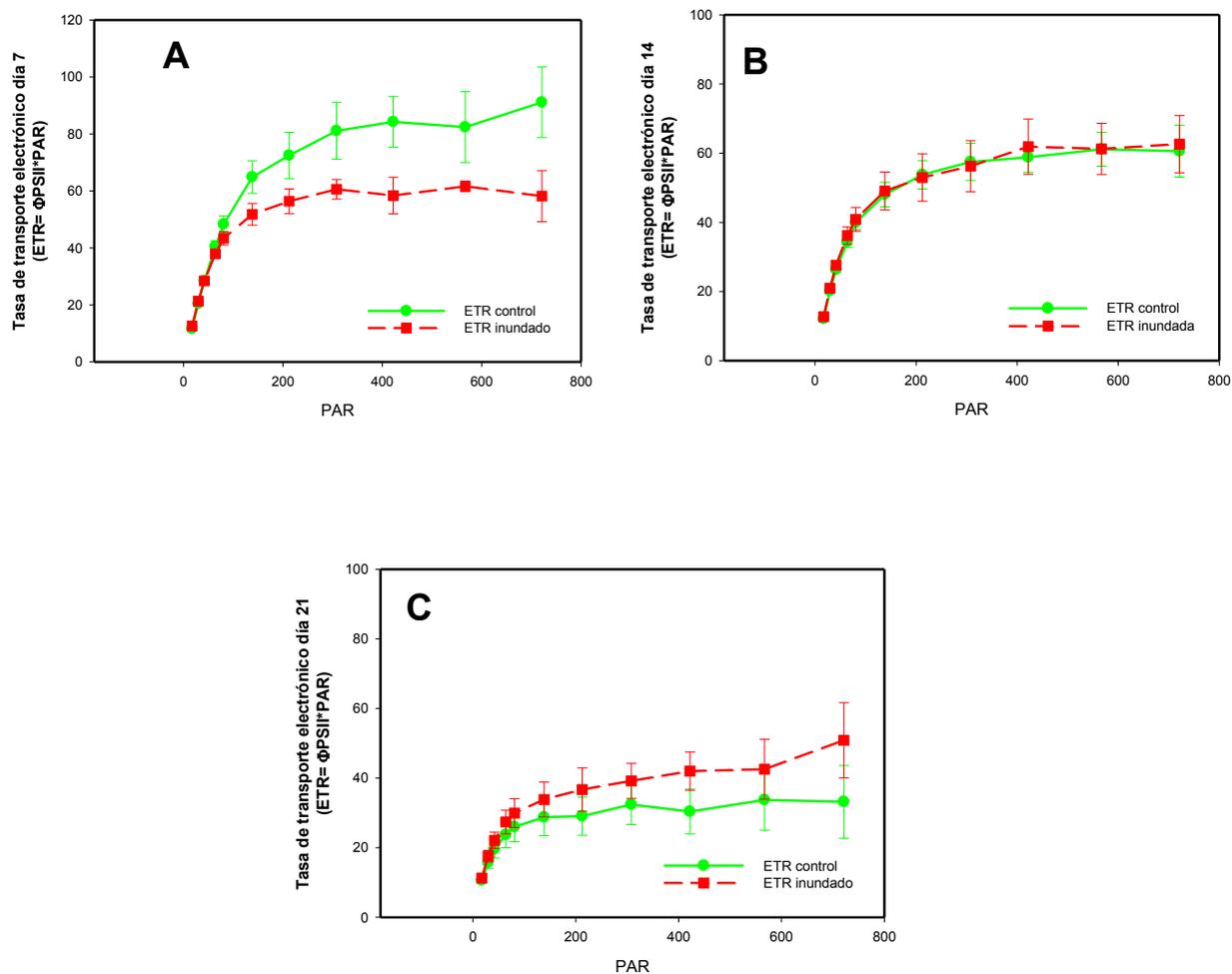


Figura 26. Efecto de la inundación en la tasa de transporte electrónico relativo (ETR=  $\Phi\text{PSII}*\text{PAR}$ ) en *Phaseolus vulgaris* var. "Productor". ETR a los días (A) 7; (B) 14 y (C) 21, n=5.

Utilizando los valores de las curvas de saturación de la figura 15 se calculó la pendiente inicial de cada curva, la cual corresponde al rendimiento cuántico para el transporte electrónico ( $\alpha$ ), así como la actividad máxima de transporte electrónico ( $P_{\text{max}}$ ) y el punto donde inicia la saturación lumínica ( $IK$ ) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la inundación en el rendimiento cuántico para el transporte electrónico ( $\alpha$ ), el transporte electrónico máximo ( $P_{max}$ ) y el punto de saturación lumínica (IK) en hojas de *Phaseolus vulgaris* variedad "Productor" (n=5). No hubo diferencias significativas en ninguno de los parámetros

Tiempo	Alfa ( $\alpha$ ) ( $\mu\text{mol electrones}/(\mu\text{mol fotonos})$ )		IK ( $\mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )		$P_{max}$ ( $\mu\text{mol electrones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	
	Inundado	Control	Inundado	Control	Inundado	Control
7 d	0.53 $\pm$ 0.06	0.61 $\pm$ 0.06	150.55 $\pm$ 16.5	225.2 $\pm$ 43.56	80.76 $\pm$ 17.33	139.19 $\pm$ 39.38
14 d	0.49 $\pm$ 0.12	0.47 $\pm$ 0.08	154.85 $\pm$ 25.27	165.88 $\pm$ 25.26	77.92 $\pm$ 29.78	78.35 $\pm$ 22.53
21 dl	0.35 $\pm$ 0.11	0.27 $\pm$ 0.12	147.12 $\pm$ 13.43	133.23 $\pm$ 13.47	49.33 $\pm$ 17.92	36.84 $\pm$ 18.48

El cuadro 3 muestra que los todos los parámetros determinados ( $\alpha$ , IK y  $P_{max}$ ) son menores en las plantas inundadas con respecto a las plantas control a los 7 días de tratamiento, lo cual coincide con el valor de clorofila total por unidad de área (Cuadro 2), sin embargo, la capacidad fotosintética se recupera a los 14 días, no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos y llega a ser mayor en las plantas inundadas a los 21 días de tratamiento (Cuadro 3).

Esta recuperación de la actividad fotosintética aparentemente está relacionada con un proceso de aclimatación a la condición estresante, ya que coincide con la aparición de las raíces adventicias, la cual inicia desde el día catorce, así como de un incremento mínimo pero significativo en la fijación de  $\text{CO}_2$ , la liberación de oxígeno, la conductancia estomática, y la transpiración (Figuras 20, 21 y 24), sin embargo, a pesar de tener hojas con eficiencia cuánticas operacionales similares, las plantas inundadas, presentaron un área foliar significativamente menor en

comparación con las plantas control (Figura 14), lo que significó una actividad fotosintética menor, y por lo tanto un crecimiento menor (Figura 16).

Por otro lado, a los 21 días de tratamiento, las plantas control tienen valores inferiores al tratamiento experimental (cuadro 3), aunque no se presentan diferencias significativas, esto pudiera estar relacionado a la diferencia en la edad fenológica de las hojas, pues como ya se ha mencionado antes; las hojas del grupo control se encontraban aun en expansión y es posible que su capacidad fotosintética fuese menor (Bidwell, 2000), esto aun cuando su contenido de pigmentos fue mayor que el de las plantas inundadas (cuadro 2).

#### *6.5.2 Disipación No-Fotoquímica (NPQ)*

La liberación de la energía de excitación fotosintética por cualquier vía que no involucre la del proceso fotoquímico se le denomina “Apagado” o “disipación” No-fotoquímica (NPQ por sus siglas en inglés). El proceso de disipación NPQ regula y protege el proceso fotosintético en ambientes o condiciones en las cuales la energía absorbida excede la capacidad de su utilización para llevar a cabo trabajo fotoquímico. NPQ, es la suma de diferentes mecanismos que contribuyen a la disipación total de calor, tales como cambios en el gradiente de pH transtilacoidal, inactivación de centros de reacción (fotoinhibición), cambios conformacionales dentro de los complejos de pigmentos en la membrana tilacoide, desconexión de complejos cosechadores de luz móviles del PSII y formación de zeaxantina por el ciclo de las xantófilas (Lavaud *et al.*, 2007).

La figura 27 muestra la disipación no fotoquímica para cada tratamiento a los 7, 14 y 21 días de iniciado el experimento. Como se puede observar; cuando la intensidad lumínica es mayor a los 200  $\mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$  los valores de disipación no fotoquímica son mayores en el grupo control a los 7 y 14 días. El día 21 ambos tratamientos son similares.

Como se puede observar en la figura 26, el transporte electrónico relativo de las plantas inundadas el día 7 se encuentra reducido con respecto al control y por lo tanto se esperaría una mayor disipación energética del mismo, sin embargo, en la figura 27 se muestra que la disipación no fotoquímica no es realmente más eficiente en las plantas inundadas que en las controles y esto pudiera estar ocasionando formación de especies reactivas de oxígeno (Taiz y Zeiger, 2002). El día 14, la disipación no fotoquímica sigue la misma tendencia que el día 7, sin embargo, en este caso las plantas inundadas presentan mayor eficiencia en el transporte (figura 26) y por lo tanto la disipación energética es menor. Una buena disipación no fotoquímica permite que los centros de reacción sigan funcionando de manera eficiente.

Por otro lado, lo anterior implica que, aun cuando la concentración de clorofila por área foliar disminuye, los centros de reacción activos en las plantas inundadas tienen una eficiencia similar, lo que indica que los procesos con mayor afectación no son los fotoquímicos primarios sino aquellos que implican la absorción y la fijación del bióxido de carbono en materia seca, es decir el ciclo de Calvin en la fase oscura.

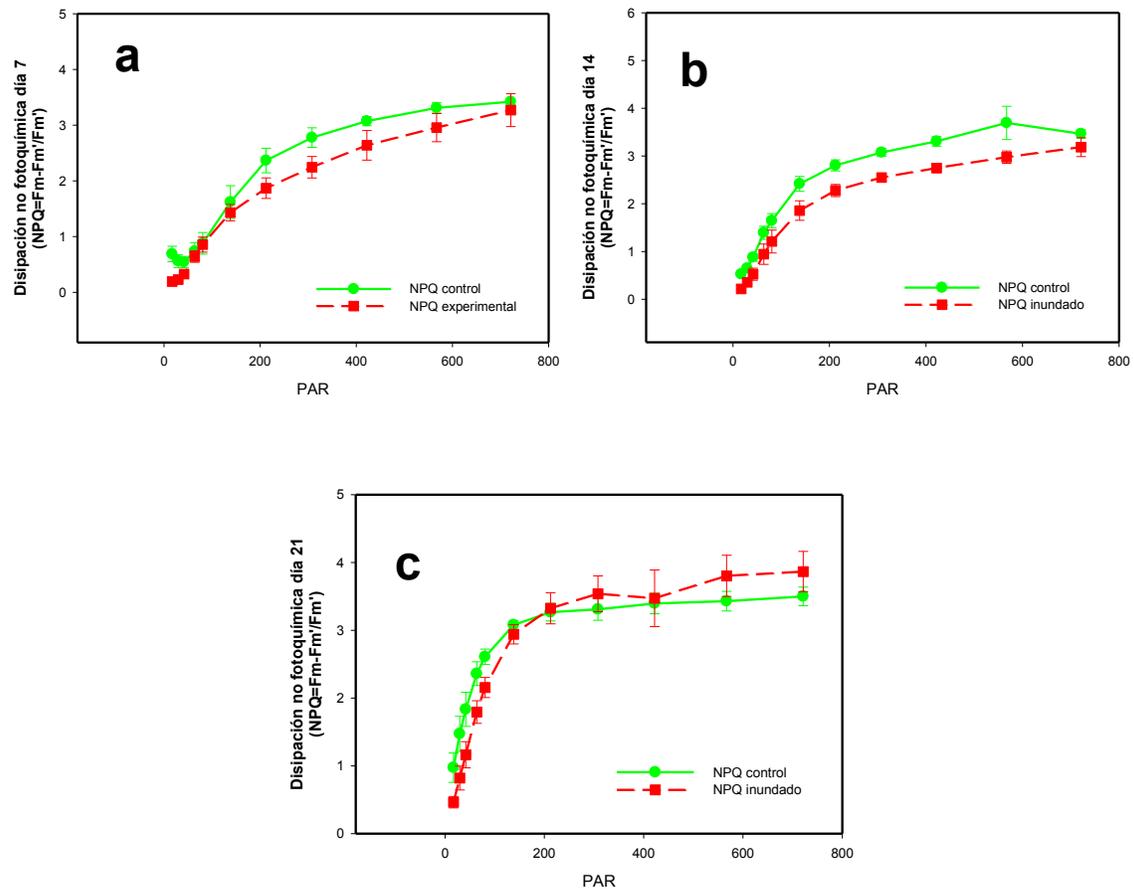


Figura 27. Efecto de la inundación en la disipación energética no fotoquímica (NPQ=Fm-Fm'/Fm') en *Phaseolus vulgaris* var. "Productor". Disipación energética a los (a) 7; (b) 14 y (c) 21, n=5.

### 6.5.3 Rendimiento fotoquímico primario en PSII

Con el propósito de caracterizar el efecto de la anegación en la absorción de la energía de excitación por los complejos antena y la eficiencia de la misma para promover el transporte electrónico fotosintético, se evaluó el cierre de los centros de reacción y el llenado de la poza de plastoquinonas en muestras precondicionadas a la oscuridad a través de la técnica de pulso saturante y la emisión polifásica de fluorescencia de la clorofila a en el fotosistema II.

La relación entre la emisión de fluorescencia de la clorofila y el proceso fotosintético es directa. La energía luminosa absorbida por las moléculas de clorofila puede liberarse por tres vías: (1) Puede ser usada para impulsar el proceso fotosintético (fotoquímico). (2) Puede ser disipada como calor. (3) Puede ser remitida como energía luminosa (fluorescencia) de menor energía. Estos tres procesos ocurren simultáneamente y por lo tanto “compiten” entre sí, de tal forma que el incremento en la eficiencia de uno de ellos, resultará en la disminución de los otros dos (Maxwell y Johnson, 2000; Müller *et al.*, 2001). La medición de la emisión de la clorofila *a*, provee información de la absorción, distribución y utilización de la energía electromagnética para llevar a cabo el proceso fotosintético (Perales-Vela *et al.*, 2007).

Cuando se ilumina una muestra pre-acondicionada a la oscuridad, la fluorescencia de la clorofila *a* se incrementa rápidamente. Este incremento es el reflejo del cierre (“reducción”) de los centros de reacción del PSII y por lo tanto provee información de la actividad fotoquímica del PSII y el llenado (“reducción”) de la poza de plastoquinona. El análisis de la cinética de la fluorescencia de la clorofila *a* del PSII según la prueba OJIP (Strasser y Strasser, 1995) se puede modelar estableciendo el destino del flujo de energía luminosa atravesando el PSII (Force *et al.*, 2003) (Fig. 28): (1) Flujo absorbido (ABS); (2) Flujo atrapado (TRo); (3) Flujo utilizado para el transporte electrónico (ETo); (4) Flujo disipado como calor (Dlo)

Cuando estos flujos específicos son expresados no sólo considerando la velocidad inicial de la fluorescencia ( $M_0$ ) y el valor de la fluorescencia variable, sino además los valores de la fluorescencia variable ( $F_V = F_0 - F_M$ ) y máxima ( $F_M$ ) de acuerdo con el modelo de flujo de energía (Strasser y Strasser, 1995), se obtienen los rendimientos cuánticos máximos para cada uno de los procesos:

- ⇒  $\phi_{Po}$  Producto cuántico máximo de la fotoquímica primaria
- ⇒  $\psi_0$  Probabilidad de que un excitón atrapado mueva un electrón después de  $Q_A^-$
- ⇒  $\phi_{Eo}$  Producto cuántico máximo para que un excitón absorbido mueva un electrón después de  $Q_A^-$

⇒  $\phi_{D_{I_0}}$  Producto máximo de disipación energética como calor

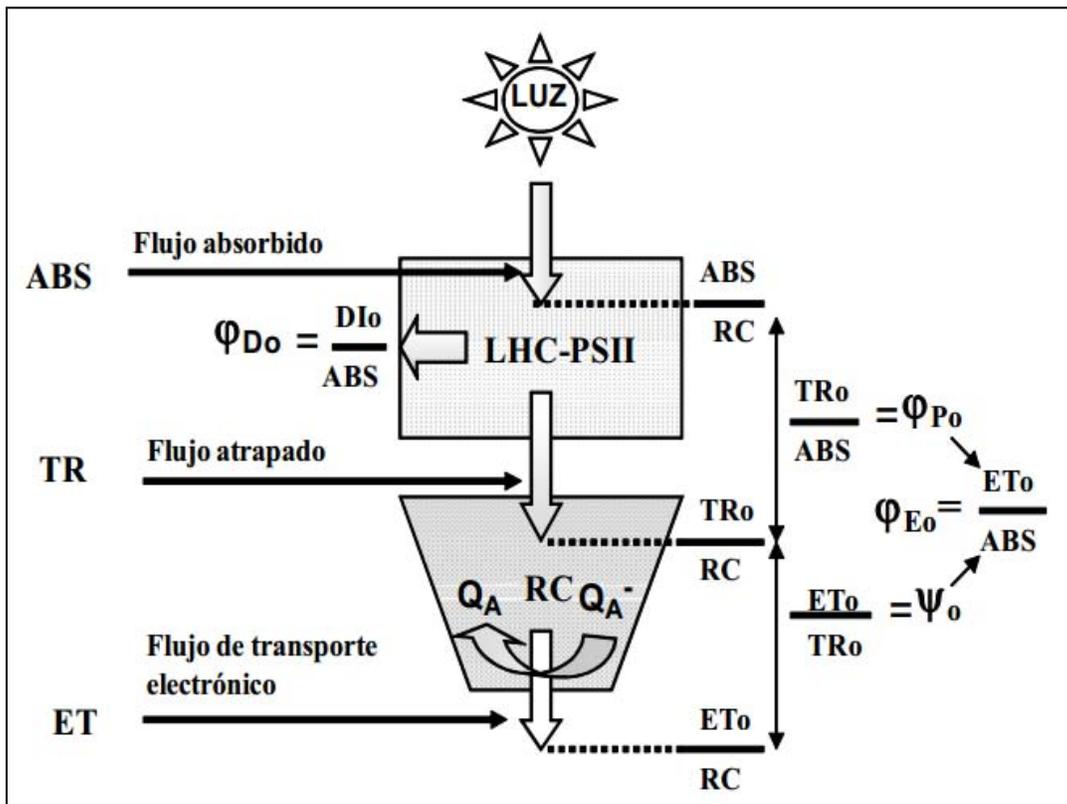


Figura 28. Modelo simplificado de los flujos energéticos cuantificables por la cinética de Kautsky. Tomado de González y colaboradores (2008). El flujo inicia con la energía absorbida (ABS) por la clorofila en complejo antena del fotosistema II (LHC-PSII). Parte de esta energía se disipa como calor o como fluorescencia ( $\Phi_{D_0}$ ) y el resto es atrapado (TR) por el centro de reacción, donde se convertirá en energía redox y será transportada hacia  $Q_A$ , a partir del cual inicia el transporte electrónico (ET). A la derecha se muestran las ecuaciones simplificadas para la obtención de los rendimientos máximos de la fotoquímica primaria y el transporte electrónico.

El rendimiento cuántico máximo para la fotoquímica primaria ( $\phi_{P_0} = F_v/F_m$ ) hace referencia al paso de electrones a través del lado donador del fotosistema II (PSII) hasta  $Q_A$ , es decir, antes de que se inicie el transporte electrónico (González *et al.*, 2008). Como se puede observar en la figura 29,  $\phi_{P_0}$  en las plantas experimentales es significativamente menor a los 7 días, lo que está directamente relacionado con la concentración de clorofilas totales por  $cm^2$  (Cuadro 2) ya que estos son los principales componentes del complejo antena y de ellos depende la

captación de luz y fotones para iniciar el transporte electrónico (Taiz y Zeiger 2002).

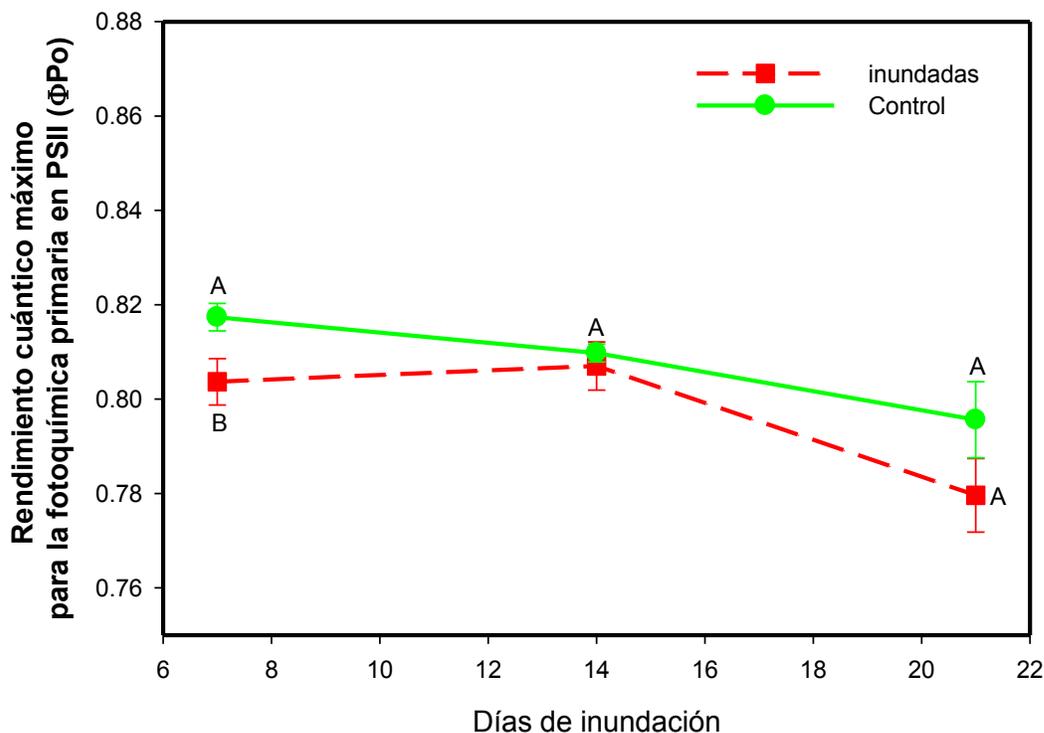


Figura 29. Efecto de la inundación en el rendimiento cuántico máximo para la fotoquímica primaria ( $\phi Po$ ) en *Phaseolus vulgaris* var. "Productor" durante 21 días de inundación ( $n=10$ ). (Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey  $p<0.05$  para cada día de inundación).

La figura 30 muestra la eficiencia con la cual los excitones mueven los electrones después de QA ( $\psi$ ). Como se puede observar, la eficiencia con la que se mueve un electrón después de QA, se reduce significativamente (8%) el día 7, sin embargo el transporte se recupera el día 14, y se reduce nuevamente un 11% al día 21. De la misma manera que el rendimiento cuántico para la reducción de QA ( $\phi Po$ ), el transporte electrónico después de QA está directamente influenciado por la concentración de clorofila total (Cuadro 2), ya que la concentración de carotenoides totales solo aumenta ligeramente hasta el día 21 de tratamiento.

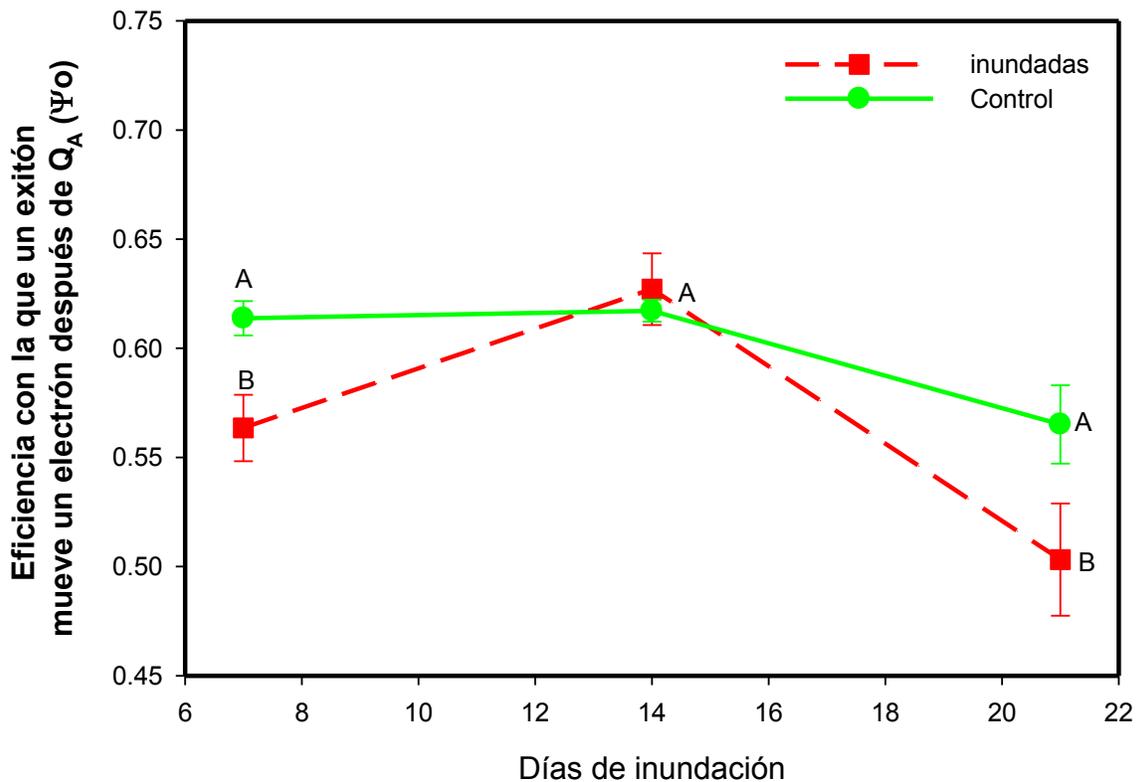


Figura 30. Efecto de la inundación en la eficiencia con la que un excitón mueve un electrón después de QA en *Phaseolus vulgaris* var. "Productor" durante 21 días de inundación (n=10). (Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey  $p < 0.05$  para cada día de inundación).

La figura 31 muestra el producto máximo cuántico para el transporte electrónico después de QB ( $\phi E_o$ ), el cual se obtiene a partir del producto entre ( $\phi P_o$ ,  $\Psi_o$ ). Como se puede observar, de la misma manera que el producto cuántico para la reducción de QA ( $\phi P_o$ ), así como la eficiencia para mover un electrón después de QA ( $\Psi_o$ ), el transporte electrónico después de QB se reduce significativamente a los 7 días de tratamiento (10%), se recupera a los 14 días y se reduce significativamente 13% a los 21 días de la anegación. Los parámetros medidos indican que el efecto de la inundación se da principalmente en el lado aceptor del fotosistema II, representado por ( $\phi E_o$ ) es decir en el transporte de electrones después de QB y en menor magnitud en el lado donador, representado por ( $\phi P_o$ ),

lo cual coincide con capacidad de liberación de oxígeno por unidad de área en las plantas inundadas después de 21 días de tratamiento.

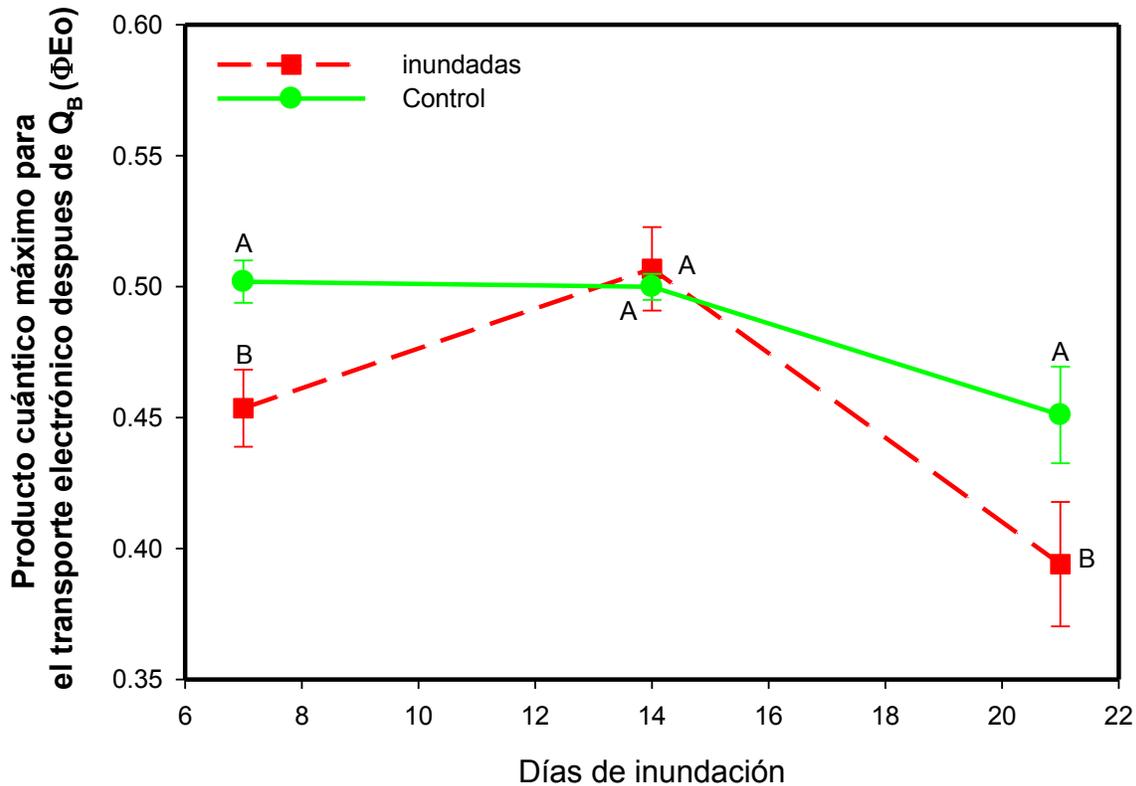


Figura 31. Efecto de la inundación en el producto cuántico máximo para el transporte electrónico después de QB en PSII ( $\phi E_o$ ) de *Phaseolus vulgaris* var. "Productor" durante 21 días de inundación (n=10). (Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey  $p < 0.05$  para cada día de inundación).

El día 14, como ya se ha mencionado, es cuando las plantas inundadas realizan transporte con mayor eficiencia (estadísticamente significativa) que las plantas control. Los resultados en esta figura coinciden con las gráficas de pigmentos, que al ver restauradas las relaciones hídricas (raíces adventicias) incrementan significativamente la síntesis de clorofilas a y b. (Ruffeil *et al.*, 2012, Bidwell, 2000)

Cuando la energía absorbida por el complejo antena no puede ser utilizada en trabajo fotoquímico, esta se disipa en forma de calor o fluorescencia (Taiz y

Zeiger, 2002). La prueba JIP permite calcular  $\Phi Do$  ( $= DIo/ABS = 1 - \phi Po = Fo/Fm$ ), o la reducción en la excitación no fotoquímica.

Como se puede observar en la figura 32, la tendencia de las líneas es opuesta a aquellas que mostraban el flujo energético, es decir, el día 14 fue cuando se disipó menos energía. La disipación más alta se dio el día 21 en plantas inundadas. Los bloques con mejor aprovechamiento energético (menor  $\Phi Do$ ) fueron las plantas control el día 7 y ambos grupos el día 14

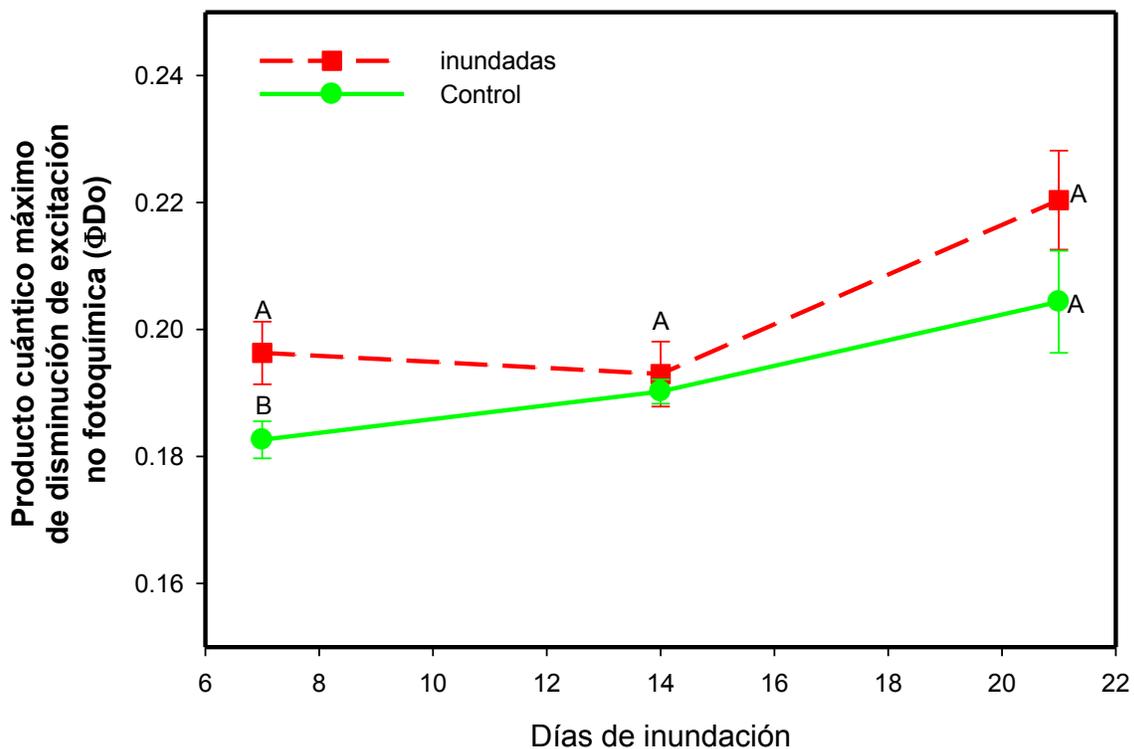


Figura 32. Efecto de la inundación en el producto cuántico máximo de disminución de excitación no fotoquímica ( $\Phi Do$ ) de *Phaseolus vulgaris* var. "Productor" durante 21 días de inundación (n=10). (Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey  $p < 0.05$  para cada día de inundación).

El número de centros de reacción activos (RC/ABS) se encuentra estrechamente relacionado con la concentración de clorofilas; se encargan de iniciar el flujo energético hacia las cadenas transportadoras que los rodean. Si estos se encuentran inactivos, no habrá electrones para el transporte, y aunque la cadena no esté dañada, simplemente no habrá energía para realizar trabajo (Taiz y Zeiger, 2002).

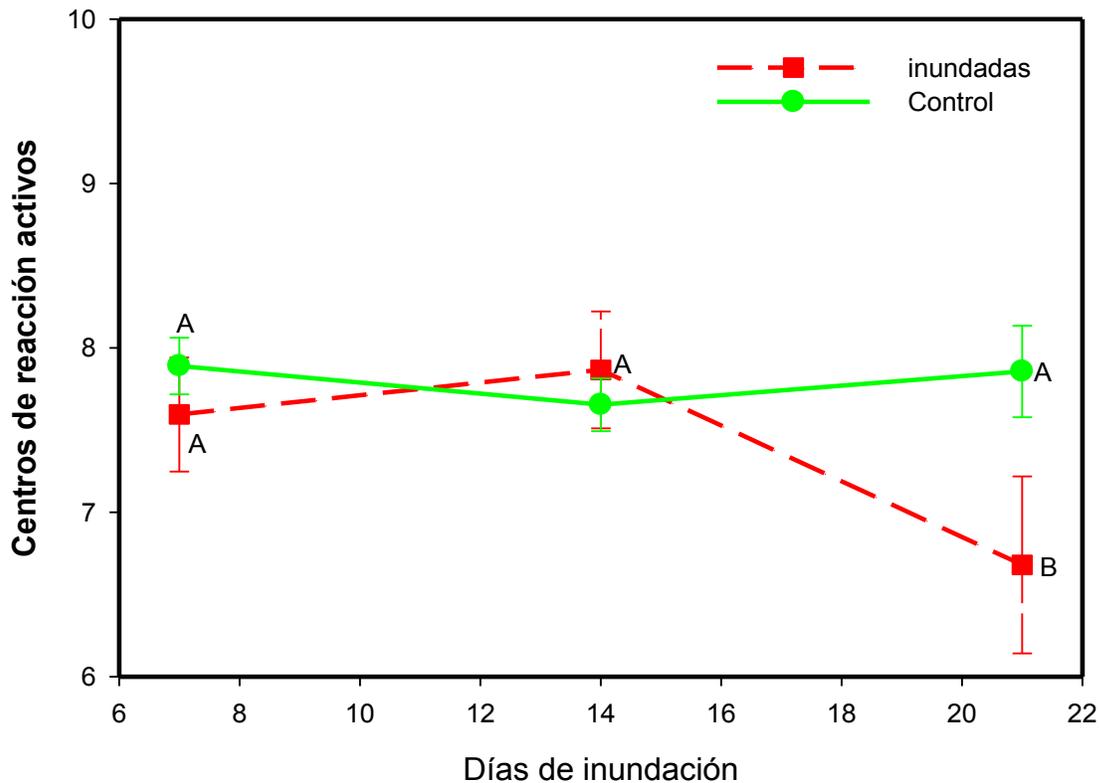


Figura 33. Efecto de la inundación en el número de centros de reacción activos (RC) en *Phaseolus vulgaris* var. "Productor" durante 21 días de inundación (n=10). (Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey  $p < 0.05$  para cada día de tratamiento).  $RC/ABS = (1 - FO/FM) / [(4 \cdot (FK - FO)) / (FM - FO)] / (FJ - FO) / (FM - FO)$ .

Como se puede observar en la figura 33, el día 7 y 14 los centros de reacción no presentan cambios significativos con respecto al control, por lo tanto, la absorción de energía y el paso energético por el lado donador de la cadena no tendría que verse limitado por este parámetro. El día 21 se registran los valores más bajos en

cuanto al número de RC's, probablemente relacionado con una baja concentración de clorofilas (González *et al.*, 2008)

El índice de performance PI ( $= [RC/ABS][\phi P_o / (1-\phi P_o)][\psi_o / (1-\psi_o)]$ ), o índice de rendimiento, se obtiene a partir de una ecuación que integra tres parámetros: los centros de reacción activos (RC), el rendimiento cuántico de la fotoquímica primaria ( $\phi P_o$ ; paso hasta  $Q_A$ ) y el inicio del transporte electrónico ( $\psi_o$ ; flujo electrónico más allá de  $Q_B$ ).

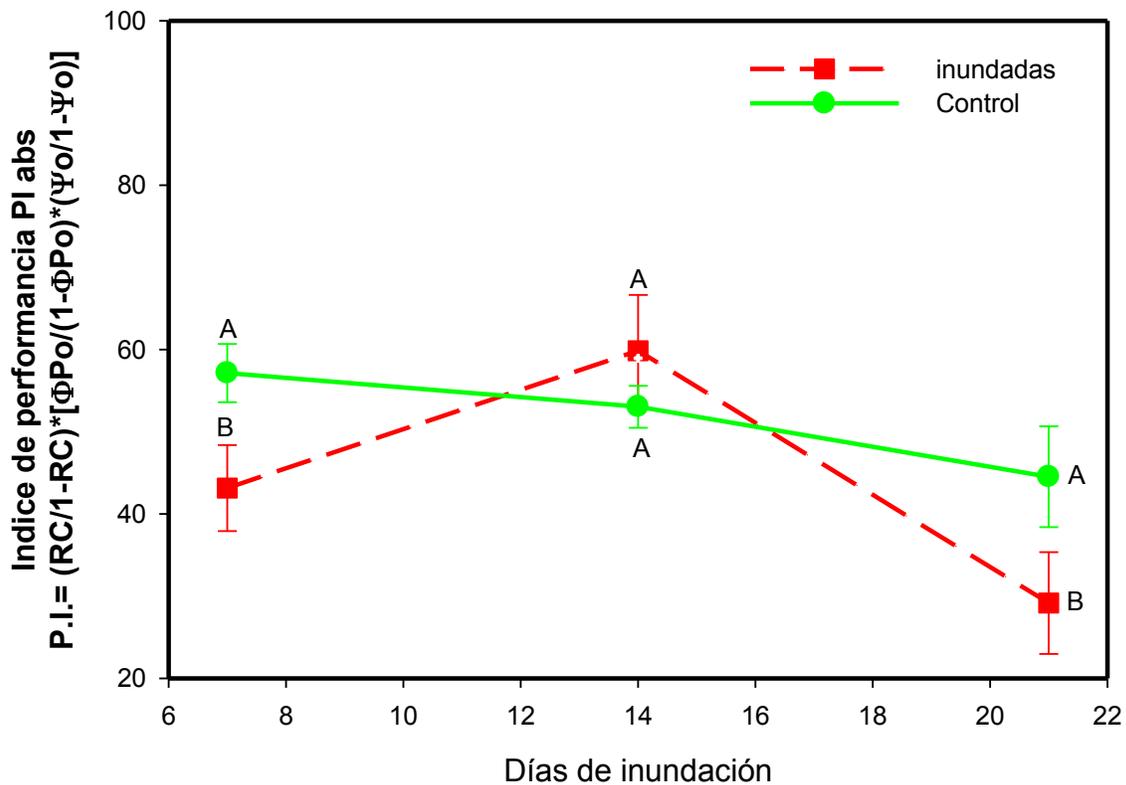


Figura 34. Efecto de la inundación en el Índice de Performance (PI) de *Phaseolus vulgaris* var. "Productor" durante 21 días de inundación (n=10). (Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey  $p < 0.05$ ).

Esta gráfica (Fig 34) nos da una perspectiva general del transporte electrónico, sin embargo, conociendo los tres parámetros previos que lo componen es posible

conocer la causa real que limita el transporte fotosintético; esto es, el paso entre QA y QB, que en los días 7 y 21 se ve inhibido.

El día 14, como ya se ha discutido antes, las plantas experimentales restauran sus relaciones hídricas con el brote de las raíces adventicias y reinician la síntesis de clorofilas (Cuadro 2), promoviendo una mayor eficiencia en la mayoría de los parámetros, entre ellos, la fotoquímica primaria y el transporte electrónico.

Los efectos de la inundación en el crecimiento y la actividad fotosintética de *Phaseolus vulgaris* variedad "Productor" encontrados en esta investigación se resumen en los siguientes puntos:

1. El crecimiento se reduce, particularmente en la raíz.
2. El área foliar se reduce a partir de los 14 días por la pérdida prematura de las hojas bifoliadas.
3. En los primeros siete días de inundación los estomas se cierran y la fijación de CO<sub>2</sub> se reduce con respecto al tratamiento control.
4. A los 14 días de tratamiento, las plantas inundadas forman raíces adventicias, la conductancia estomática y la transpiración se recupera significativamente, lo cual provoca un aumento también significativo en la fijación de carbono aumenta, sin embargo a los 21 días los valores disminuyen nuevamente, quizás por un efecto de senescencia inducida por etileno.
5. La liberación fotosintética de oxígeno por unidad de área no se afecta durante los 21 días de tratamiento.
6. La concentración de pigmentos por unidad de área se reducen drásticamente en los primeros 7 días de tratamiento, sin embargo a los 14 días el contenido se recupera, para volver a reducirse a los 21 días.
7. La eficiencia en el transporte electrónico a los 7 días aparentemente está limitada por la reducción de clorofila total y la reducción del número de centros de reacción activos, sin embargo el día 14 esta se recupera.
8. El paso de electrones se encuentra ligeramente inhibido entre QA y QB, sin embargo la limitante principal para la fotosíntesis se encuentra en la fijación del bióxido de carbono.

## 7. Conclusiones

*Phaseolus vulgaris* variedad "Productor" sobrevive durante 21 días bajo inundación, sin embargo durante este periodo reduce significativamente su crecimiento, particularmente el desarrollo radicular, además que después de 7 días de tratamiento se presenta un proceso de senescencia prematura en las primeras hojas bifoliadas, lo cual reduce significativamente la capacidad fotosintética de las plantas.

Durante los primeros siete días de tratamiento la conductancia estomática y transpiración decaen, reduciéndose la absorción de agua y nutrientes, lo cual, según la literatura es ocasionado por la acumulación de productos fitotóxicos generados por metabolismo en condiciones de hipoxia.

En consecuencia de los efectos antes mencionados, el proceso fotosintético reduce su actividad, afectándose la eficiencia del transporte electrónico provocado por una reducción de la concentración de clorofilas totales (clorosis), y afectando el paso de electrones entre QA y QB.

Por otro lado, el proceso de fijación de carbono por el ciclo reductivo de las pentosas (Ciclo de Calvin) también se ve afectado, pues al reducirse el transporte electrónico se limita la formación de NADPH y ATP, necesarios para la fijación de bióxido de carbono; además que al reducirse la conductancia estomática también se reduce la absorción de CO<sub>2</sub>.

Una de las adaptaciones más importantes que permiten a *P. vulgaris* sobrevivir bajo esta condición es la formación de raíces adventicias. Estas surgen a los 14 días de inundación y a partir de ese momento se recuperan todos los parámetros fotosintéticos: los estomas se abren y la fijación de CO<sub>2</sub> aumenta; la síntesis de pigmentos se reinicia y la eficiencia en el transporte electrónico se recupera, incluso se observa más eficiente que en las plantas control, sin embargo, dicha eficiencia no se ve reflejada en parámetros de crecimiento pues, a pesar de que la

maquinaria fotosintética se recupere, el área foliar sigue estando bastante reducida en comparación con las plantas control.

Recomendaciones:

Es necesario realizar algunas pruebas adicionales, como actividad de enzimas fermentativas y enzimas antioxidantes, así como estudios histológicos en raíz y tallo que corroboren la formación de aerénquima como mecanismo adaptativo importante.

## Literatura Citada

- Aguilar-García, L., Escalante-Estrada, J. A., Fucikovsky-Zak, L., Tijerina-Chávez, L., Mark Engelman, E. (2005). Leaf Area, Net Assimilation Rate, Yield and Plant Density in Sunflower. *Terra Latinoamericana*, 23(3), 303–310.
- Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y., & Sakuratani, T. (2002). Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mungbean subjected to waterlogging, *Plant Science*, 163, 117–123.
- Ahmed, S., Nawata, E., Sakuratani, T. (2006). Changes of endogenous ABA and ACC, and their correlations to photosynthesis and water relations in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczak cv . KPS1) during waterlogging. *Environmental and Experimental Botany* , 57, 278–284.
- Al-Ani, A., F . Bruzau, P . Raymond, V . Saint-Ges., J.M. Le Blanc and A. Pradet. (1985). Germination, respiration and adenylate energy charge of seeds at various oxygen partial pressures. *Plant Physiol.* 79:885-- 890.
- Arias Restrepo, J.H., Rengifo Martínez, T., Jaramillo Carmona, M., (2007). Buenas prácticas agrícolas en la producción de frijol voluble. Colombia. 168 p.
- Arriaga, F.A., (2013). Morfofisiología Vegetal: Un acercamiento práctico. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores de Iztacala. Primera Edición. 145 p. ISBN:978-607-02-4638-8
- Atwell, B. J., Waters, I., Greenway, H. (1982). The effect of oxygen and turbulence on elongation of coleoptiles of submergence-tolerant and -intolerant rice cultivars. *Journal of Experimental Botany*, 33(5), 1030–1044. <http://doi.org/10.1093/jxb/33.5.1030>
- Bailey-Serres, J., & Voisenek, L. A. C. J. (2008). Flooding Stress: Acclimations and Genetic Diversity. *Annual Review of Plant Biology*, 59(1), 313–339. <http://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092752>.

- Bailey-serres, J., Fukao, T., Gibbs, D. J., Holdsworth, M. J., Lee, S. C., Licausi, F., ... Dongen, J. T. Van. (2012). Making sense of low oxygen sensing. *Trends in Plant Science*, 17(3), 129–138. <http://doi.org/10.1016/j.tplants.2011.12.004>.
- Bidwell, R. G. S. (2000). *Fisiología vegetal*. AGT Editor. Retrieved from [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000051/docs\\_curso/descripcion.html](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000051/docs_curso/descripcion.html)
- Bradford, K. J., Yang, S. F. (1980). Xylem Transport of 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic Acid, an Ethylene Precursor, in Waterlogged Tomato Plants. *Plant Physiology*, 65(2), 322–326. <http://doi.org/10.1104/pp.65.2.322>
- Bruni, N. C., Young, J. P., Dengler, N. G. (1996). Leaf developmental plasticity of *Ranunculus flabellaris* in response to terrestrial and submerged environments. *Canadian Journal Of Botany-Revue Canadienne De Botanique*, 74(6), 823–837. <http://doi.org/10.1139/b96-103>
- Castellanos Z. J., H. Guzmán M., A. Jiménez, C. Mejía, R. Muñoz, J. Acosta G., G. Hoyos, E. López S., D. González E., R. Salinas P., J. González A., J. Muñoz V., y P. Fernández H. (1997). Hábitos preferenciales de los consumidores de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en México. *Arch. Latin. Nutr.* 47(2): 137-163
- Chen, H., Qualls, R.G., Miller, G.C., (2002). Adaptive responses of *Lepidium latifolium* to soil flooding: Biomass allocation, adventitious rooting, aerenchyma formation and ethylene production. *Environmental and Experimental Botany*, 48(2), pp.119–128.
- CONAGUA. (2015). *Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego: año agrícola 2013-2014*.
- Crawford, R. M. M., Braendle, R. (1996). Oxygen deprivation stress in a changing environment. *Journal of Experimental Botany*, 47(2), 145–159. <http://doi.org/10.1093/jxb/47.2.145>
- De La Cruz J.J., Moreno F. L. P., Magnitskiy S. (2012). Respuesta de las plantas a estrés por inundación: Una revisión. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*. 6(1):96-109 pp.

- Drew, M. C., He, C., Morgan, P. W. (2000). Programmed cell death and aerenchyma formation in roots. *Trends in Plant Science*, 5(3), 123–127.
- Else, M.A., Tiekstra, A.E., Croker, S.J., Davies, W.J. & Jackson, M.B. (1996). Stomatal closure in flooded tomato plants involves abscisic acid and a chemically unidentified anti - transpirant in xylem sap. *Plant Physiology* 112, 239–247
- Estrada, G., G. Guillén, J. E. Olivares, C. Díaz., X. Alvarado. (2007). La transformación genética y genómica del frijol. In: Una Ventana al Quehacer Científico. Instituto de Biotecnología de la UNAM (eds). México D.F. pp. 281- 290
- FAO (2009). *La fao en México. Más de 60 años de cooperación: 1945-2009*. Retrieved from [www.fao.org](http://www.fao.org)
- FAO y SAGARPA. (2012). México: El sector agropecuario ante el desafío del cambio climático. 7-12 Pp.
- Fernández, F., Gepts, P. y López, M., (1986). Etapas de desarrollo de la planta de fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.), Colombia: CIAT. 44 p.
- Force L., Critchley C. y van Rensen J. J. S. (2003). New fluorescence parameters for monitoring photosynthesis in plants. *Photosynth. Res.* 78: 17-33
- Genty, B., Briantais, J.-M., Baker, N. R. (1989). The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, 990(1), 87–92. [http://doi.org/10.1016/S0304-4165\(89\)80016-9](http://doi.org/10.1016/S0304-4165(89)80016-9)
- Gepts, P. (2001). *Phaseolus vulgaris* (Beans). In: Encyclopedia of Genetics. Academic Press, Los Angeles, USA. (pp. 1444-1445).
- González Moreno, S., Perales-Vela, H. V., Salcedo Alvarez, M. O. (2008). La Fluorescencia De La Clorofila A Como Herramienta En La Investigación De Efectos Tóxicos En El Aparato Fotosintético De Plantas Y Algas. *Educación Bioquímica*, 27(4), 119–129.
- Hernández-López, V. M., Vargas-Vázquez, M. L. P., Muruaga-Martínez, J. S., Hernández-Delgado, S., Mayek-Pérez, N. (2013). ORIGIN , DOMESTICATION

AND DIVERSIFICATION OF COMMON BEANS . ADVANCES AND PERSPECTIVES. *Fitotecnia*, 36(2), 95–104.

Hook, D. D. (1984). *Adaptations to flooding with fresh water. Flooding and plant growth*. ACADEMIC PRESS, INC. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-424120-6.50013-4>

Hopkins, H. T., Specht, A. W., and Hendricks, S. B. (1950). Growth and nutrient accumulation as controlled by oxygen supply to the plant roots. *Plant Physiol.* 25, 193-209.

[http://www.frontiersin.org/files/Articles/45373/fpls-04-00106-r2/image\\_m/fpls-04-00106-g004.jpg](http://www.frontiersin.org/files/Articles/45373/fpls-04-00106-r2/image_m/fpls-04-00106-g004.jpg)

INEGI(Instituto Nacional de Estadística y Geografía), (2014). Boletín de información oportuna del sector alimentario. 347, p.106. Available at: [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sectorial/biosa/biosa.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sectorial/biosa/biosa.pdf).

Insausti, P., Grimoldi, A. A., Chaneton, E. J., & Vasellati, V. (2001). Flooding induces a suite of adaptive plastic responses in the grass. *New Phytologist*, (152), 291– 299. [http://doi.org/10.1111/j.0028-646X.2001.257\\_1.x](http://doi.org/10.1111/j.0028-646X.2001.257_1.x)

Issarakraisila, M., Ma, Q., & Turner, D. W. (2007). Photosynthetic and growth responses of juvenile Chinese kale ( *Brassica oleracea* var . *alboglabra* ) and Caisin ( *Brassica rapa* subsp . *parachinensis* ) to waterlogging and water deficit. *Scientia Horticulturae*, 111, 107–113. <http://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.10.017>

Jackson MB, Fenning TM, Drew MC, Saker LR (1985A) Stimulation of ethylene production and gas space (aerenchyma) formation in adventitious roots of *Zea mays* L. by small partial pressures of oxygen. *Planta* 165:486--492

Jackson M.B. (S/A) The Impact of Flooding Stress on Plants and Crops. *PlantSress*. <http://www.plantstress.com/articles/>.

Jackson, M. B. (1990). Hormones and developmental change in plants subjected to submergence or soil waterlogging. *Aquatic Botany*, 38(1), 49–72. [http://doi.org/10.1016/0304-3770\(90\)90098-6](http://doi.org/10.1016/0304-3770(90)90098-6)

- Jackson, M. B., Drew, M. C. (1984). Effects of Flooding on Growth and Metabolism of Herbaceous Plants. In *Flooding and Plant Growth* (pp. 47–128). ACADEMIC PRESS, INC. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-424120-6.50008-0>
- Jasso I. M., P. A. V. Becerra. (2005). La alimentación en México: un estudio a partir de la encuesta nacional de ingresos y gastos de los hogares y de las hojas de balance alimenticio de la FAO. *Ciencia UANL*. 8(1):196-208 pp
- Jones, J. I., Eaton, J. W., & Hardwick, K. (2000). The effect of changing environmental variables in the surrounding water on the physiology of *Elodea nuttallii*. *Aquatic Botany*, 66(2), 115–129. [http://doi.org/10.1016/S0304-3770\(99\)00069-8](http://doi.org/10.1016/S0304-3770(99)00069-8)
- Jordán, M., & Casaretto, J. (2006). Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Etileno, Ácido Abscísico, Brasinoesteroides, Poliaminas, Ácido Salicílico y Ácido Jasmónico. In *Fisiología Vegetal* (p. 28).
- Kozlowski, T. T. (1984). *PHYSIOLOGICAL ECOLOGY: A Series of Monographs, Texts, and Treatises. Flooding and Plant Growth* (Vol. II). ACADEMIC PRESS, INC. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-424120-6.50016-X>
- Kozlowski, T. T. (1997). Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology*, 1(1), 1–29. <http://doi.org/10.1080/07352680091139196>
- Lavaud, J., Strzepek, R.F., Kroth, P.G. (2007). Photoprotection capacity differs among diatoms: Possible consequences on the spatial distribution of diatoms related to fluctuations in the underwater light climate. *Limnol and Oceanogr*. 52: 1188-1194.
- León L.A., (1981). Química de los suelos inundados: guía de estudio. CIAT. Colombia. 35 p
- Levitt J., (1980). Responses of Plants to Environmental Stresses, Vol.II, Water, Radiation, Salt, and Other Stresses. *Academic Press*, pp. 605.
- López-Bucio, J., Cruz-Ramírez, A., Herrera-Estrella, L. (2003). The role of nutrient availability in regulating root architecture. *Current Opinion in Plant Biology*, 6(3), 280–287. [http://doi.org/10.1016/S1369-5266\(03\)00035-9](http://doi.org/10.1016/S1369-5266(03)00035-9)

- Maxwell, K., Johnson, G., N. (2000). Chlorophyll fluorescence: a practical guide. *J Exp Bot*, 51(345): 659-668.
- Mcmahon, M. A., Vald, A. (2011). Análisis del extensionismo agrícola en México, 1–72.
- Miranda-Colín Salvador. (1968). Origen de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común). *Agronomía tropical*. 18(2): 191-205.
- Miro, B., & Ismail, A. M. (2013). Tolerance of anaerobic conditions caused by flooding during germination and early growth in rice (*Oryza sativa* L.). *Frontiers in Plant Science*, 4, 269. <http://doi.org/10.3389/fpls.2013.00269>
- Mommer, L., & Visser, E. J. W. (2005). Underwater photosynthesis in flooded terrestrial plants: A matter of leaf plasticity. *Annals of Botany*, 96(4), 581–589. <http://doi.org/10.1093/aob/mci212>
- Müller, P., Xiao-Ping, Li, Niyogi, K.K., (2001). Non-photochemical quenching: a response to excess light energy. *Plant Physiol*. 125, 1158–1566.
- Naumann, J. C., Young, D. R., & Anderson, J. E. (2008). Leaf chlorophyll fluorescence, reflectance, and physiological response to freshwater and saltwater flooding in the evergreen shrub, *Myrica cerifera*. *Environmental and Experimental Botany*, 63, 402–409. <http://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.12.008>
- Opik, H. (1973). Effect of anaerobiosis on respiratory rate, cytochrome oxidase activity and mitochondrial structures in coleoptiles of rice (*Oryza sativa* L.). *J Cell Sci*, 12(3), 725–739. Retrieved from [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=4352691](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=4352691)
- Pardos, J. a, (2004). Respuestas de las plantas al anegamiento del suelo. *investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, pp.101–107.
- Parent, C., Capelli, N., Berger, A., Crèvecoeur, M., Dat, J. F. (2008). An overview of plant responses to soil waterlogging. *Plant Stress*, 2(1), 20–27.

- Perales Vela, H. V., Salcedo Álvarez, M., Vega de Luna, F. (2014). *El uso del oxímetro y el fluorómetro en la determinación de la fotosíntesis y respiración de algas y plantas: manual de prácticas*.
- Perales-Vela, H.V., González-Moreno, S., Montes-Horcasitas, C., Cañizares-Villanueva, R.O., (2007). Growth, photosynthetic and respiratory responses to sub-lethal copper concentrations in *Scenedesmus incrassatulus* (Chlorophyceae) *Chemosphere*, 67, 2274–2281.
- Pezeshki, S.R.,(1991). Root responses of flood-tolerant and flood-sensitive tree species to soil redox conditions. *Trees* 5, 180–186.
- Pezeshki, S. R. (2001). Wetland plant responses to soil flooding. *Environmental and Experimental Botany*, 46(3), 299–312. [http://doi.org/10.1016/S0098-8472\(01\)00107-1](http://doi.org/10.1016/S0098-8472(01)00107-1)
- Ponnamperuma, F. N. (1984). Effects of flooding on soils. In *Flooding and plant growth* (pp. 9–45). ACADEMIC PRESS, INC. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-424120-6.50007-9>
- Prieto González, R., Avedaño García, M.A. & Matías Ramírez, L.G., (2014). Tormentas Severas V. Ramos Radilla, ed., México.
- Pulford, I. D., Tabatabai, M. A. (1988). Effect of waterlogging on enzyme activities in soils. *Soil Biol. Biochem.* 20: 215-219
- Ram, P. C., Singh, B. B., Singh, A. K., Ram, P., Singh, P. N., Singh, H. P., Singh, R. K. (2002). Submergence tolerance in rainfed lowland rice: Physiological basis and prospects for cultivar improvement through marker-aided breeding. *Field Crops Research*, 76, 131–152. [http://doi.org/10.1016/S0378-4290\(02\)00035-7](http://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00035-7)
- Reid, D. M, y Bradford, K. J. (1984) Effects of flooding on hormone relations. In: Koziowski TT (ed) *Flooding and plant growth*. Academic Press, London, pp 195-219
- Ruffeil, G. A., Gomes, B., Klynger, A., Yuen, D., Ferreira, C., Cezar, R., ... Dos Santos, R. (2012). Water relations , nitrogen compounds and enzyme activities in leaf and

root of young Yellow Lapacho ( *Tabebuia serratifolia* ) plants subjected to flooding. *Plant Omics Journal*, 5(3), 216–222.

Rumpho, M. E., Pfaedet, A., Khalik, A., Kennedy, R. A., & Energy, R. A. (1984). Energy charge and emergence of the coleoptile and radicle at varying oxygen levels in *Echinochloa crus-galli*. *Physiol Plant*, 62, 133–138.

Ryser, P., Gill, H. K., Byrne, C. J. (2011). Constraints of root response to waterlogging in *Alisma triviale*. *Plant and Soil*, 343(1-2), 247–260. <http://doi.org/10.1007/s11104-011-0715-0>

Ryser, P., Gill, H. K., Byrne, C. J. (2011). Constraints of root response to waterlogging in *Alisma triviale*. *Plant and Soil*, 343(1-2), 247–260. <http://doi.org/10.1007/s11104-011-0715-0>

Sairam R.K., Kumutha D., Ezhilmathi K., Deshmukh P.S. , Srivastava G.C. (2008) Physiology and biochemistry of waterlogging tolerance in plants. *Biologia plantarum* 52(3): 401 - 412.

Sairam, R. K., Dharmar, K., Chinnusamy, V., Meena, R. C. (2009). Waterlogging-induced increase in sugar mobilization, fermentation, and related gene expression in the roots of mung bean (*Vigna radiata*). *Journal of Plant Physiology*, 166, 602–616. <http://doi.org/10.1016/j.jplph.2008.09.005>

Salas, M.A. y Jiménez, M., 2014. Inundaciones 1st ed. V. Ramos, ed., Mexico. Available at: [http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/183201446.\\_FASCICULO\\_INUNDACIONES.pdf](http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/183201446._FASCICULO_INUNDACIONES.pdf).

Sánchez R. G., J. A. Manriquez N., F. A. Martínez M., y L. A. López I. (2001). El frijol en México: competitividad y oportunidades de desarrollo. Boletín Informativo No. 13 Vol. XXXIII. FIRA, Banco de México. México. 74 p

Schluter, U., & Crawford, R. M. M. (2001). Long-term anoxia tolerance in leaves of *Acorus calamus* L. and *Iris pseudacorus* L. *J. Exp. Bot.*, 52(364), 2213–2225. <http://doi.org/10.1093/jexbot/52.364.2213>

- Shimamura, S., Mochizuki, T., Nada, Y., Fukuyama, M. (2003). Formation and function of secondary aerenchyma in hypocotyl, roots and nodules of soybean (*Glycine max*) under flooded conditions. *Plant and Soil*, 251(2), 351–359. <http://doi.org/10.1023/A:1023036720537>
- Shimamura, S., Nishimura, T., Koshiha, T., Yamamoto, R., Hiraga, S., Nakamura, T., & Komatsu, S. (2016). Effects of anti-auxins on secondary aerenchyma formation in flooded soybean hypocotyls. *Plant Production Science*, 19(1), 154–160. <http://doi.org/10.1080/1343943X.2015.1128101>
- SNICS, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, 2014. Catálogo Nacional de Variedades Vegetales en Mexico. , 6, p.86. Available at: <http://www.sagarpa.gob.mx/snics/Dov/Cnvv/Cnvventrada.htm>
- Snyder C., Slaton N., (2003). Efectos de la inundación y secado del suelo en las reacciones del fósforo. *Informaciones agronómicas*. 51: 5-7 pp.
- Snyder C., Slaton N., (2003). Efectos de la inundación y secado del suelo en las reacciones del fósforo. *Informaciones agronómicas*. 51: 5-7 pp.
- Strasser B. J. y Strasser R. J. (1995). Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: The JIP-test. En: *Photosynthesis: from light to biosphere*. Mathis P. (Eds) Kluwer Academic Publisher. Dordrecht. pp. 977-980.
- Strasser BJ and Strasser RJ (1995) Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: The JIP-test. In: Mathis P (ed) *Photosynthesis: from Light to Biosphere*, Vol V, pp 977-- 980. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands
- Strasser RJ, Srivastava A and Tsimilli-Michael M (2000) The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. In: Yunus M, Pathre U and Mohanty P (eds) *Probing Photosynthesis: Mechanism, Regulation and Adaptation*, Chapter 25, pp 443--480. Taylor and Francis, London, UK
- Striker G.G. (2012). Flooding Stress on Plants: Anatomical, Morphological and Physiological Responses, *Botany*. 1:4-28 pp
- Taiz, L. and Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*, Third Edition. Sinauer Associates, Sunderland, MA. 623 pp

- Tournaire-Roux, C., Sutka, M., Javot, H., Gout, E., Gerbeau, P., Luu, D.-T., Maurel, C. (2003). Cytosolic pH regulates root water transport during anoxic stress through gating of aquaporins. *Nature*, 425, 393–397. <http://doi.org/10.1038/nature01853>
- Unger, I. M., Motavalli, P. P., Muzika, R.-M. (2009). Changes in soil chemical properties with flooding: A field laboratory approach. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 131, 105–110. <http://doi.org/10.1016/j.agee.2008.09.013>
- Vernescu, C., Ryser, P. (2009). Constraints on leaf structural traits in wetland plants. *American Journal of Botany*, 96(6), 1068–1074. <http://doi.org/10.3732/ajb.0800312>
- Vidoz, M. L., Loreti, E., Mensuali, A., Alpi, A., Perata, P. (2010). Hormonal interplay during adventitious root formation in flooded tomato plants. *Plant Journal*, 63(4), 551–562. <http://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2010.04262.x>
- Villarreal-Villagran Victor Hugo. (2011). Sistemática molecular de Phaseolus spp. de México. Tesis que para obtener el grado de maestro en ciencias en biotecnología genómica. Instituto politécnico nacional. Centro de biotecnología genómica
- Visser, E., Cohen, J. D., Barendse, G., Blom, C., Voeselek, L. (1996). An Ethylene-Mediated Increase in Sensitivity to Auxin Induces Adventitious Root Formation in Flooded Rumex palustris Sm. *Plant Physiology*, 112(4), 1687–1692.
- Voeselek, L. A. C. J., Van der Sman, A. J. M., Harren, F. J. M., Blom, C. W. P. M. (1992). Review on Flooding Resistance and Ethylene, 171–188.
- Wang Xiao-chang., Qin, L. U. (2006). Effect of Waterlogged and Aerobic Incubation on Enzyme Activities in Paddy Soil \*. *Pedosphere*, 16(4), 532–539.
- Wellburn, A.R., (1994). The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as total carotenoids using various solvents with spectrophotometer of different resolution. *J. Plant Physiol.*, 144:307-313.
- Yin, D., Chen, S., Chen, F., Guan, Z., Fang, W. (2010). Morpho-anatomical and physiological responses of two Dendranthema species to waterlogging. *Environmental and Experimental Botany*, 68(2), 122–130. <http://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.11.008>

Yordanova, R. Y., Christov, K. N., & Popova, L. P. (2004). Antioxidative enzymes in barley plants subjected to soil flooding, *51*(July 2003), 93–101. [http://doi.org/10.1016/S0098-8472\(03\)00063-7](http://doi.org/10.1016/S0098-8472(03)00063-7).

Yu, B., Zhao, C.Y., Li, J., Li, J.Y., Peng, G. (2015). Morphological, physiological, and biochemical responses of *Populus euphratica* soil flooding. *Photosynthetica*, *53* (1): 110-117.

## Apéndice

### Peso Seco

#### Día 7

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.814425	Pr < W 0.1057
Kolmogorov-Smirnov	D 0.3	Pr > D 0.1422
Cramer-von Mises	W-Sq 0.091508	Pr > W-Sq 0.1129
Anderson-Darling	A-Sq 0.518513	Pr > A-Sq 0.0951

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.941016	Pr < W 0.6731
Kolmogorov-Smirnov	D 0.272472	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.051411	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.291044	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.00614	0.9376

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.07056000	0.07056000	5.48	0.0474
Error	8	0.10308000	0.01288500		
Total correcto	9	0.17364000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.406358	24.46382	0.113512	0.464000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.07056000	0.07056000	5.48	0.0474

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	8
Error de cuadrado medio	0.012885
Valor crítico del rango estudentizado	3.26115
Diferencia significativa mínima	0.1655

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cofrablo
A	0.54800	5	22
B	0.38000	5	12

## Día 14

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.930622	Pr < W 0.6006
Kolmogorov-Smirnov	D 0.244787	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.05962	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.32458	Pr > A-Sq >0.2500

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.958022	Pr < W 0.7941
Kolmogorov-Smirnov	D 0.191067	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.029581	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.202078	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	1.1539	0.2827

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
--------	----	-------------------	----------------------	---------	--------

Modelo	1	0.37249000	0.37249000	171.26	<.0001
Error	8	0.01740000	0.00217500		
Total correcto	9	0.38989000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.955372	10.57526	0.046637	0.441000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.37249000	0.37249000	171.26	<.0001

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	8
Error de cuadrado medio	0.002175
Valor crítico del rango estudentizado	3.26115
Diferencia significativa mínima	0.068

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.63400	5	23
B	0.24800	5	13

## Día 21

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.936012	Pr < W 0.6379
Kolmogorov-Smirnov	D 0.246034	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.044469	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.257734	Pr > A-Sq >0.2500

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.760971	Pr < W 0.0375
Kolmogorov-Smirnov	D 0.341405	Pr > D 0.0534
Cramer-von Mises	W-Sq 0.122584	Pr > W-Sq 0.0400
Anderson-Darling	A-Sq 0.659262	Pr > A-Sq 0.0365

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	5.3026	0.0213

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.48841000	0.48841000	20.51	0.0019
Error	8	0.19048000	0.02381000		
Total correcto	9	0.67889000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.719424	34.98977	0.154305	0.441000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.48841000	0.48841000	20.51	0.0019

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	8
Error de cuadrado medio	0.02381
Valor crítico del rango estudentizado	3.26115
Diferencia significativa mínima	0.225

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.66200	5	24
B	0.22000	5	14

## Área Foliar

### Día 7

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.969494	Pr < W 0.8720
Kolmogorov-Smirnov	D 0.209011	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.037128	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.218313	Pr > A-Sq >0.2500

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.925556	Pr < W 0.5462
Kolmogorov-Smirnov	D 0.171273	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.03825	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.270049	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.00419	0.9484

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	445.964063	445.964063	5.97	0.0372
Error	9	672.848438	74.760938		
Total correcto	10	1118.812500			

R-cuadrado      Coef Var      Raiz MSE      y Media

0.398605      12.00895      8.646441      72.00000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	445.9640625	445.9640625	5.97	0.0372

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	9
Error de cuadrado medio	74.76094
Valor crítico del rango estudentizado	3.19906
Diferencia significativa mínima	11.844
Media armónica de tamaño de celdas	5.454545

NOTA: Los tamaños de las celdas no son iguales.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	77.813	6	22
B	65.025	5	12

## Día 14

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.945413	Pr < W 0.7030
Kolmogorov-Smirnov	D 0.192163	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.034871	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.235432	Pr > A-Sq >0.2500

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.9376	Pr < W 0.6399
Kolmogorov-Smirnov	D 0.191499	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.037299	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.246829	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	1.1629	0.2809

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	12626.29688	12626.29688	135.43	<.0001
Error	10	932.34375	93.23438		
Total correcto	11	13558.64063			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.931236	17.33925	9.655795	55.68750

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	12626.29688	12626.29688	135.43	<.0001

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	10
Error de cuadrado medio	93.23438
Valor crítico del rango estudentizado	3.15106
Diferencia significativa mínima	12.421

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	88.125	6	23
B	23.250	6	13

## Día 21

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.873929	Pr < W 0.2423
Kolmogorov-Smirnov	D 0.222264	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.059274	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.382458	Pr > A-Sq >0.2500

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.81619	Pr < W 0.0818
Kolmogorov-Smirnov	D 0.307174	Pr > D 0.0757
Cramer-von Mises	W-Sq 0.095562	Pr > W-Sq 0.1018
Anderson-Darling	A-Sq 0.557444	Pr > A-Sq 0.0872

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	2.3440	0.1258

### Procedimiento ANOVA

#### Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	8268.75000	8268.75000	20.73	0.0011
Error	10	3988.25438	398.82544		
Total correcto	11	12257.00438			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.674614	37.11148	19.97061	53.81250

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	8268.750000	8268.750000	20.73	0.0011

### Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	10
Error de cuadrado medio	398.8254
Valor crítico del rango estudentizado	3.15106
Diferencia significativa mínima	25.69

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	80.06	6	24
B	27.56	6	14

## Razón Vástago-Raíz

### Día 7

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.942288	Pr < W 0.6822
Kolmogorov-Smirnov	D 0.236183	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.039384	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.251834	Pr > A-Sq >0.2500

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.96649	Pr < W 0.8681
Kolmogorov-Smirnov	D 0.159227	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.024746	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.185717	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	11.3720	0.0007

#### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y



Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.916353	Pr < W 0.4795
Kolmogorov-Smirnov	D 0.226604	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.04772	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.292432	Pr > A-Sq >0.2500

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.955264	Pr < W 0.7826
Kolmogorov-Smirnov	D 0.16889	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.032379	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.219306	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	4.9321	0.0264

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.62713390	0.62713390	0.99	0.3428
Error	10	6.32346393	0.63234639		
Total correcto	11	6.95059782			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.090227	36.42869	0.795202	2.182901

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.62713390	0.62713390	0.99	0.3428

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	10
Error de cuadrado medio	0.632346
Valor crítico del rango estudentizado	3.15106
Diferencia significativa mínima	1.023

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	2.4115	6	13
A			
A	1.9543	6	23

## Día 21

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X 0.860029	Pr < W	0.1893	
Kolmogorov-Smirnov	D 0.317226	Pr > D	0.0573	
Cramer-von Mises	W-Sq 0.088733	Pr > W-Sq	0.1303	
Anderson-Darling	A-Sq 0.487369	Pr > A-Sq	0.1373	

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X 0.9134	Pr < W	0.4591	
Kolmogorov-Smirnov	D 0.185762	Pr > D	>0.1500	
Cramer-von Mises	W-Sq 0.041116	Pr > W-Sq	>0.2500	
Anderson-Darling	A-Sq 0.287958	Pr > A-Sq	>0.2500	

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.1762	0.6747

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y



Shapiro-Wilk	#11 X	0.822724	Pr < W	0.1225
Kolmogorov-Smirnov	D	0.249967	Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq	0.076086	Pr > W-Sq	0.1930
Anderson-Darling	A-Sq	0.457334	Pr > A-Sq	0.1456

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X	0.860771	Pr < W	0.1918
Kolmogorov-Smirnov	D	0.323259	Pr > D	0.0476
Cramer-von Mises	W-Sq	0.089643	Pr > W-Sq	0.1265
Anderson-Darling	A-Sq	0.490839	Pr > A-Sq	0.1344

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.2681	0.6046

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00322666	0.00322666	4.12	0.0729
Error	9	0.00704426	0.00078270		
Total correcto	10	0.01027092			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.314155	60.04119	0.027977	0.046596

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00322666	0.00322666	4.12	0.0729

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	9
Error de cuadrado medio	0.000783
Valor crítico del rango estudentizado	3.19906
Diferencia significativa mínima	0.0383
Media armónica de tamaño de celdas	5.454545

NOTA: Los tamaños de las celdas no son iguales.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.06223	6	21
A			
A	0.02783	5	11

## Día 14

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--		-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X	.	Pr < W .
Kolmogorov-Smirnov	D	.	Pr > D .
Cramer-von Mises	W-Sq	.	Pr > W-Sq .
Anderson-Darling	A-Sq	.	Pr > A-Sq .

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--		-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X	0.812216	Pr < W 0.0755
Kolmogorov-Smirnov	D	0.322253	Pr > D 0.0488
Cramer-von Mises	W-Sq	0.103322	Pr > W-Sq 0.0820
Anderson-Darling	A-Sq	0.584914	Pr > A-Sq 0.0737

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	0	0	.

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y



Shapiro-Wilk	#11 X	0.836882	Pr < W	0.1228
Kolmogorov-Smirnov	D	0.286917	Pr > D	0.1222
Cramer-von Mises	W-Sq	0.077743	Pr > W-Sq	0.1899
Anderson-Darling	A-Sq	0.482681	Pr > A-Sq	0.1413

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--		-----P-valor-----	
Shapiro-Wilk	#11 X	0.722071	Pr < W	0.0105
Kolmogorov-Smirnov	D	0.303313	Pr > D	0.0828
Cramer-von Mises	W-Sq	0.140019	Pr > W-Sq	0.0232
Anderson-Darling	A-Sq	0.805584	Pr > A-Sq	0.0173

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	2.7850	0.0952

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00040548	0.00040548	0.75	0.4080
Error	10	0.00543520	0.00054352		
Total correcto	11	0.00584069			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.069424	142.5090	0.023314	0.016359

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00040548	0.00040548	0.75	0.4080

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	10
Error de cuadrado medio	0.000544

Valor crítico del rango estudentizado 3.15106  
 Diferencia significativa mínima 0.03

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.02217	6	23
A			
A	0.01055	6	13

## Tasa Media de Crecimiento Relativo Foliar

### Día 7

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.822724	Pr < W 0.1225
Kolmogorov-Smirnov	D 0.249967	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.076086	Pr > W-Sq 0.1930
Anderson-Darling	A-Sq 0.457334	Pr > A-Sq 0.1456

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.860771	Pr < W 0.1918
Kolmogorov-Smirnov	D 0.323259	Pr > D 0.0476
Cramer-von Mises	W-Sq 0.089643	Pr > W-Sq 0.1265
Anderson-Darling	A-Sq 0.490839	Pr > A-Sq 0.1344

#### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.2681	0.6046

#### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00322666	0.00322666	4.12	0.0729
Error	9	0.00704426	0.00078270		

Total correcto 10 0.01027092

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE y Media  
 0.314155 60.04119 0.027977 0.046596

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00322666	0.00322666	4.12	0.0729

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa 0.05  
 Error de grados de libertad 9  
 Error de cuadrado medio 0.000783  
 Valor crítico del rango estudentizado 3.19906  
 Diferencia significativa mínima 0.0383  
 Media armónica de tamaño de celdas 5.454545

NOTA: Los tamaños de las celdas no son iguales.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.06223	6	21
A	0.02783	5	11

## Día 14

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X .	Pr < W .
Kolmogorov-Smirnov	D .	Pr > D .
Cramer-von Mises	W-Sq .	Pr > W-Sq .
Anderson-Darling	A-Sq .	Pr > A-Sq .

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.798196	Pr < W 0.0783
Kolmogorov-Smirnov	D 0.36006	Pr > D 0.0319

Cramer-von Mises	W-Sq	0.113494	Pr > W-Sq	0.0526
Anderson-Darling	A-Sq	0.597984	Pr > A-Sq	0.0543

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	0	0	.

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00164257	0.00164257	5.75	0.0433
Error	8	0.00228388	0.00028548		
Total correcto	9	0.00392645			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.418336	131.8345	0.016896	0.012816

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00164257	0.00164257	5.75	0.0433

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	8
Error de cuadrado medio	0.000285
Valor crítico del rango estudentizado	3.26115
Diferencia significativa mínima	0.0246

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.02563	5	22
B	0.00000	5	12

## Día 21

### Tests para normalidad

Test                    --Estadístico--                    -----P-valor-----

Shapiro-Wilk	#11 X	0.837103	Pr < W	0.1233
Kolmogorov-Smirnov	D	0.301729	Pr > D	0.0857
Cramer-von Mises	W-Sq	0.079844	Pr > W-Sq	0.1765
Anderson-Darling	A-Sq	0.490974	Pr > A-Sq	0.1343

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--		-----P-valor-----	
Shapiro-Wilk	#11 X	0.817355	Pr < W	0.0837
Kolmogorov-Smirnov	D	0.306842	Pr > D	0.0763
Cramer-von Mises	W-Sq	0.095899	Pr > W-Sq	0.1004
Anderson-Darling	A-Sq	0.565972	Pr > A-Sq	0.0830

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.00211	0.9633

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.0000000	0.0000000	0.00	1.0000
Error	10	0.02435156	0.00243516		
Total correcto	11	0.02435156			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.000000	116.6975	0.049347	0.042287

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	3.599267E-12	3.599267E-12	0.00	1.0000

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa

0.05

Error de grados de libertad	10
Error de cuadrado medio	0.002435
Valor crítico del rango estudentizado	3.15106
Diferencia significativa mínima	0.0635

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.04229	6	23
A			
A	0.04229	6	13

## Tasa Foliar Unitaria

### Día 7

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.770781	Pr < W 0.0458
Kolmogorov-Smirnov	D 0.276457	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.094172	Pr > W-Sq 0.1016
Anderson-Darling	A-Sq 0.569524	Pr > A-Sq 0.0689

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.943269	Pr < W 0.6856
Kolmogorov-Smirnov	D 0.19066	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.038479	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.255992	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.3023	0.5824

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1.6166629E-7	1.6166629E-7	5.48	0.0439

Error	9	2.6542818E-7	2.949202E-8
Total correcto	10	4.2709447E-7	

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.378526	57.23120	0.000172	0.000300

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	9
Error de cuadrado medio	2.949E-8
Valor crítico del rango estudentizado	3.19906
Diferencia significativa mínima	0.0002
Media armónica de tamaño de celdas	5.454545

NOTA: Los tamaños de las celdas no son iguales.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	costrablo
A	0.0004107	6	21
B	0.0001673	5	11

## Día 14

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X .	Pr < W .
Kolmogorov-Smirnov	D .	Pr > D .
Cramer-von Mises	W-Sq .	Pr > W-Sq .
Anderson-Darling	A-Sq .	Pr > A-Sq .

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.821616	Pr < W 0.0911

Kolmogorov-Smirnov	D	0.324338	Pr > D	0.0463
Cramer-von Mises	W-Sq	0.100564	Pr > W-Sq	0.0888
Anderson-Darling	A-Sq	0.566216	Pr > A-Sq	0.0829

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	0	0	.

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	5.8791066E-8	5.8791066E-8	4.24	0.0696
Error	9	1.2481047E-7	1.386783E-8		
Total correcto	10	1.8360154E-7			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.320210	147.0464	0.000118	0.000080

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	5.8791066E-8	5.8791066E-8	4.24	0.0696

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	9
Error de cuadrado medio	1.387E-8
Valor crítico del rango estudentizado	3.19906
Diferencia significativa mínima	0.0002
Media armónica de tamaño de celdas	5.454545

NOTA: Los tamaños de las celdas no son iguales.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
--------------------	-------	---	----------

A	0.00014682	6	22
A			
A	0.00000000	5	12

## Día 21

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--		-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X	0.831871	Pr < W 0.1115
Kolmogorov-Smirnov	D	0.291865	Pr > D 0.1065
Cramer-von Mises	W-Sq	0.081154	Pr > W-Sq 0.1681
Anderson-Darling	A-Sq	0.496616	Pr > A-Sq 0.1295

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--		-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X	0.716411	Pr < W 0.0092
Kolmogorov-Smirnov	D	0.302123	Pr > D 0.0850
Cramer-von Mises	W-Sq	0.140893	Pr > W-Sq 0.0227
Anderson-Darling	A-Sq	0.818314	Pr > A-Sq 0.0159

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	2.1220	0.1452

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	2.0472608E-8	2.0472608E-8	0.54	0.4774
Error	10	3.7576158E-7	3.7576158E-8		
Total correcto	11	3.9623419E-7			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.051668	138.8413	0.000194	0.000140

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	2.0472608E-8	2.0472608E-8	0.54	0.4774

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	10
Error de cuadrado medio	3.758E-8
Valor crítico del rango estudentizado	3.15106
Diferencia significativa mínima	0.0002

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.0001809	6	23
A			
A	0.0000983	6	13

## Razón de Área Foliar

### Día 7

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.883639	Pr < W 0.3261
Kolmogorov-Smirnov	D 0.259905	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.058573	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.358575	Pr > A-Sq >0.2500

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.957454	Pr < W 0.7999
Kolmogorov-Smirnov	D 0.197579	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.032039	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.208443	Pr > A-Sq >0.2500

#### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.7976	0.3718

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1113.460185	1113.460185	4.48	0.0634
Error	9	2236.432543	248.492505		
Total correcto	10	3349.892728			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.332387	9.842501	15.76365	160.1589

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	1113.460185	1113.460185	4.48	0.0634

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	9
Error de cuadrado medio	248.4925
Valor crítico del rango estudentizado	3.19906
Diferencia significativa mínima	21.592
Media armónica de tamaño de celdas	5.454545

NOTA: Los tamaños de las celdas no son iguales.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	171.180	5	11
A			
A	150.975	6	21

**Día 14**

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.653816	Pr < W 0.0030
Kolmogorov-Smirnov	D 0.406984	Pr > D <0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq 0.174647	Pr > W-Sq 0.0069
Anderson-Darling	A-Sq 0.903304	Pr > A-Sq 0.0066

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.931573	Pr < W 0.5923
Kolmogorov-Smirnov	D 0.209373	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.040056	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.271448	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	9.7840	0.0018

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1847.41769	1847.41769	1.01	0.3412
Error	9	16463.20175	1829.24464		
Total correcto	10	18310.61944			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.100893	33.88767	42.76967	126.2101

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	1847.417687	1847.417687	1.01	0.3412

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	9
Error de cuadrado medio	1829.245
Valor crítico del rango estudentizado	3.19906

Diferencia significativa mínima 58.584  
 Media armónica de tamaño de celdas 5.454545

NOTA: Los tamaños de las celdas no son iguales.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	138.04	6	22
A			
A	112.01	5	12

## Día 21

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.653816	Pr < W 0.0030
Kolmogorov-Smirnov	D 0.406984	Pr > D <0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq 0.174647	Pr > W-Sq 0.0069
Anderson-Darling	A-Sq 0.903304	Pr > A-Sq 0.0066

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.931573	Pr < W 0.5923
Kolmogorov-Smirnov	D 0.209373	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.040056	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.271448	Pr > A-Sq >0.2500

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	9.7840	0.0018

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1053.090046	1053.090046	10.96	0.0079
Error	10	961.009560	96.100956		
Total correcto	11	2014.099606			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.522859	8.617305	9.803110	113.7607

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	1053.090046	1053.090046	10.96	0.0079

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	10
Error de cuadrado medio	96.10096
Valor crítico del rango estudentizado	3.15106
Diferencia significativa mínima	12.611

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	123.129	6	23
B	104.393	6	13

## Tasa Fotosintética

### Día 7

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.829197	Pr < W 0.1372
Kolmogorov-Smirnov	D 0.274804	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.077263	Pr > W-Sq 0.1854
Anderson-Darling	A-Sq 0.464561	Pr > A-Sq 0.1392

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.92042	Pr < W 0.5327
Kolmogorov-Smirnov	D 0.2012	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.037901	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.254906	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	4.9559	0.0260

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	201.8884624	201.8884624	126.89	<.0001
Error	8	12.7286272	1.5910784		
Total correcto	9	214.6170896			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.940691	25.30452	1.261380	4.984800

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	201.8884624	201.8884624	126.89	<.0001

Sistema SAS

18:38 Monday, May 31,

2016 64

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	8
Error de cuadrado medio	1.591078
Valor crítico del rango estudentizado	3.26115
Diferencia significativa mínima	1.8396

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cofrablo
A	9.4780	5	21
B	0.4916	5	11

## Día 14

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.908955	Pr < W 0.4296
Kolmogorov-Smirnov	D 0.282295	Pr > D 0.1368
Cramer-von Mises	W-Sq 0.078652	Pr > W-Sq 0.1841
Anderson-Darling	A-Sq 0.415763	Pr > A-Sq 0.2239

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.851764	Pr < W 0.1275
Kolmogorov-Smirnov	D 0.274077	Pr > D 0.1097
Cramer-von Mises	W-Sq 0.092004	Pr > W-Sq 0.1209
Anderson-Darling	A-Sq 0.518234	Pr > A-Sq 0.1239

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	1.7635	0.1842

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	134.3981540	134.3981540	141.10	<.0001
Error	11	10.4775690	0.9525063		
Total correcto	12	144.8757231			

R-cuadrado      Coef Var      Raiz MSE      y Media

0.927679 14.01318 0.975964 6.964615

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	134.3981540	134.3981540	141.10	<.0001

2016 80

Sistema SAS

18:38 Monday, May 31,

#### Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	11
Error de cuadrado medio	0.952506
Valor crítico del rango estudentizado	3.11265
Diferencia significativa mínima	1.1951
Media armónica de tamaño de celdas	6.461538

NOTA: Los tamaños de las celdas no son iguales.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	9.9414	7	22
B	3.4917	6	12

## Día 21

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.979855	Pr < W 0.9338
Kolmogorov-Smirnov	D 0.152904	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.022539	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.166679	Pr > A-Sq >0.2500

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X 0.84687	Pr < W	0.1848	
Kolmogorov-Smirnov	D 0.300656	Pr > D	0.1403	
Cramer-von Mises	W-Sq 0.078724	Pr > W-Sq	0.1759	
Anderson-Darling	A-Sq 0.448222	Pr > A-Sq	0.1557	

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	1.3188	0.2508

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1.78084000	1.78084000	1.10	0.3252
Error	8	12.96752000	1.62094000		
Total correcto	9	14.74836000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.120748	33.57493	1.273161	3.792000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	1.78084000	1.78084000	1.10	0.3252

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	8
Error de cuadrado medio	1.62094
Valor crítico del rango estudentizado	3.26115
Diferencia significativa mínima	1.8568

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	4.2140	5	23
A			
A	3.3700	5	13

## Conductancia Estomática

### Día 7

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.877547	Pr < W 0.2983
Kolmogorov-Smirnov	D 0.273437	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.061047	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.371431	Pr > A-Sq >0.2500

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.899103	Pr < W 0.4050
Kolmogorov-Smirnov	D 0.203058	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.047034	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.308892	Pr > A-Sq >0.2500

#### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	21.0104	<.0001

#### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.01707673	0.01707673	44.69	0.0002
Error	8	0.00305668	0.00038209		
Total correcto	9	0.02013341			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.848179	41.53988	0.019547	0.047056

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.01707673	0.01707673	44.69	0.0002

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	8
Error de cuadrado medio	0.000382
Valor crítico del rango estudentizado	3.26115
Diferencia significativa mínima	0.0285

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.08838	5	21
B	0.00573	5	11

## Día 14

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.926814	Pr < W 0.5557
Kolmogorov-Smirnov	D 0.23627	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.066091	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.361408	Pr > A-Sq >0.2500

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.880265	Pr < W 0.2276
Kolmogorov-Smirnov	D 0.219922	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.061286	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.391899	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	1.9600	0.1615

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.01411591	0.01411591	133.51	<.0001
Error	11	0.00116298	0.00010573		
Total correcto	12	0.01527889			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.923883	15.99303	0.010282	0.064292

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.01411591	0.01411591	133.51	<.0001

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	11
Error de cuadrado medio	0.000106
Valor crítico del rango estudentizado	3.11265
Diferencia significativa mínima	0.0126
Media armónica de tamaño de celdas	6.461538

NOTA: Los tamaños de las celdas no son iguales.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.094800	7	22
B	0.028700	6	12

## Día 21

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----	
Shapiro-Wilk	#11 X 0.966771	Pr < W	0.8542
Kolmogorov-Smirnov	D 0.215401	Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.033684	Pr > W-Sq	>0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.203534	Pr > A-Sq	>0.2500

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----	
Shapiro-Wilk	#11 X 0.873439	Pr < W	0.2806
Kolmogorov-Smirnov	D 0.276905	Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.066473	Pr > W-Sq	>0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.378987	Pr > A-Sq	>0.2500

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	1.6812	0.1948

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00034480	0.00034480	1.62	0.2394
Error	8	0.00170754	0.00021344		
Total correcto	9	0.00205234			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.168005	69.54336	0.014610	0.021008

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00034480	0.00034480	1.62	0.2394

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	8
Error de cuadrado medio	0.000213
Valor crítico del rango estudentizado	3.26115
Diferencia significativa mínima	0.0213

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.026880	5	23
A			
A	0.015136	5	13

## Tasa de transpiración

### Día 7

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.850108	Pr < W 0.1949
Kolmogorov-Smirnov	D 0.326251	Pr > D 0.0794
Cramer-von Mises	W-Sq 0.088737	Pr > W-Sq 0.1246
Anderson-Darling	A-Sq 0.47964	Pr > A-Sq 0.1259

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.852893	Pr < W 0.2038
Kolmogorov-Smirnov	D 0.271841	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.067544	Pr > W-Sq 0.2482
Anderson-Darling	A-Sq 0.412955	Pr > A-Sq 0.2038

#### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	19.6546	<.0001

#### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	16.01490250	16.01490250	34.53	0.0004
Error	8	3.70997000	0.46374625		
Total correcto	9	19.72487250			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.811914	45.62742	0.680989	1.492500

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	16.01490250	16.01490250	34.53	0.0004

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	8
Error de cuadrado medio	0.463746
Valor crítico del rango estudentizado	3.26115
Diferencia significativa mínima	0.9932

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	2.7580	5	21
B	0.2270	5	11

## Día 14

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.963498	Pr < W 0.8463
Kolmogorov-Smirnov	D 0.191805	Pr > D >0.1500

Cramer-von Mises W-Sq 0.040709 Pr > W-Sq >0.2500  
 Anderson-Darling A-Sq 0.246305 Pr > A-Sq >0.2500

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.893181	Pr < W 0.2917
Kolmogorov-Smirnov	D 0.198647	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.062307	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.390781	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.8139	0.3670

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	13.33460976	13.33460976	160.10	<.0001
Error	11	0.91615855	0.08328714		
Total correcto	12	14.25076831			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.935712	13.39954	0.288595	2.153769

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	13.33460976	13.33460976	160.10	<.0001

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	11
Error de cuadrado medio	0.083287
Valor crítico del rango estudentizado	3.11265
Diferencia significativa mínima	0.3534

Media armónica de tamaño de celdas 6.461538

NOTA: Los tamaños de las celdas no son iguales.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	3.0914	7	22
B	1.0598	6	12

## Día 21

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.960275	Pr < W 0.8099
Kolmogorov-Smirnov	D 0.234182	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.039325	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.227119	Pr > A-Sq >0.2500

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.863963	Pr < W 0.2428
Kolmogorov-Smirnov	D 0.289371	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.071209	Pr > W-Sq 0.2245
Anderson-Darling	A-Sq 0.40184	Pr > A-Sq 0.2189

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	1.5077	0.2195

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.36366490	0.36366490	1.48	0.2587
Error	8	1.96812160	0.24601520		

Total correcto 9 2.33178650

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE y Media  
 0.155960 67.89859 0.495999 0.730500

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.36366490	0.36366490	1.48	0.2587

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa 0.05  
 Error de grados de libertad 8  
 Error de cuadrado medio 0.246015  
 Valor crítico del rango estudentizado 3.26115  
 Diferencia significativa mínima 0.7234

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.9212	5	23
A			
A	0.5398	5	13

## Liberación de Oxígeno

### Día 7

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.909208	Pr < W 0.3104
Kolmogorov-Smirnov	D 0.215593	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.069822	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.409913	Pr > A-Sq >0.2500

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
------	-----------------	-------------------

Shapiro-Wilk	#11 X	0.934662	Pr < W	0.5270
Kolmogorov-Smirnov	D	0.139015	Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq	0.034843	Pr > W-Sq	>0.2500
Anderson-Darling	A-Sq	0.248836	Pr > A-Sq	>0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	12.9654	0.0003

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00121059	0.00121059	1.61	0.2232
Error	16	0.01206189	0.00075387		
Total correcto	17	0.01327248			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.091210	31.91515	0.027457	0.086030

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00121059	0.00121059	1.61	0.2232

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	16
Error de cuadrado medio	0.000754
Valor crítico del rango estudentizado	2.99800
Diferencia significativa mínima	0.0274

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
--------------------	-------	---	----------

A	0.09423	9	21
A			
A	0.07783	9	11

## Día 14

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.903155	Pr < W 0.2709
Kolmogorov-Smirnov	D 0.173932	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.058806	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.38048	Pr > A-Sq >0.2500

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.940566	Pr < W 0.5879
Kolmogorov-Smirnov	D 0.155861	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.033872	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.245859	Pr > A-Sq >0.2500

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	14.9748	0.0001

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.05325618	0.05325618	86.24	<.0001
Error	16	0.00988025	0.00061752		
Total correcto	17	0.06313643			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.843510	20.94034	0.024850	0.118670

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.05325618	0.05325618	86.24	<.0001

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	16
Error de cuadrado medio	0.000618
Valor crítico del rango estudentizado	2.99800
Diferencia significativa mínima	0.0248

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.17306	9	12
B	0.06428	9	22

## Día 21

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.928402	Pr < W 0.4663
Kolmogorov-Smirnov	D 0.223754	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.076607	Pr > W-Sq 0.2096
Anderson-Darling	A-Sq 0.435437	Pr > A-Sq 0.2348

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.980691	Pr < W 0.9677
Kolmogorov-Smirnov	D 0.126771	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.024584	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.160896	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	7.4965	0.0062

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.01043848	0.01043848	64.98	<.0001
Error	16	0.00257039	0.00016065		
Total correcto	17	0.01300887			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.802413	12.55557	0.012675	0.100949

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.01043848	0.01043848	64.98	<.0001

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	16
Error de cuadrado medio	0.000161
Valor crítico del rango estudentizado	2.99800
Diferencia significativa mínima	0.0127

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.125031	9	13
B	0.076868	9	23

## Consumo de Oxígeno

### Día 7

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.920954	Pr < W 0.4002
Kolmogorov-Smirnov	D 0.200482	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.045995	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.308949	Pr > A-Sq >0.2500

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.966373	Pr < W 0.8621
Kolmogorov-Smirnov	D 0.160583	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.030026	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.189435	Pr > A-Sq >0.2500

#### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	1.3194	0.2507

#### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00018241	0.00018241	2.06	0.1704
Error	16	0.00141657	0.00008854		
Total correcto	17	0.00159897			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.114078	58.53191	0.009409	0.016076

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00018241	0.00018241	2.06	0.1704

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	16
Error de cuadrado medio	0.000089
Valor crítico del rango estudentizado	2.99800
Diferencia significativa mínima	0.0094

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.019259	9	11
A			
A	0.012892	9	21

## Día 14

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.969577	Pr < W 0.8911
Kolmogorov-Smirnov	D 0.157385	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.036376	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.223761	Pr > A-Sq >0.2500

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.966373	Pr < W 0.8621
Kolmogorov-Smirnov	D 0.160583	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.030026	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.189435	Pr > A-Sq >0.2500

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.2480	0.6185

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
--------	----	-------------------	----------------------	---------	--------

Modelo	1	0.00121977	0.00121977	27.14	<.0001
Error	16	0.00071917	0.00004495		
Total correcto	17	0.00193894			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.629090	31.73790	0.006704	0.021124

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00121977	0.00121977	27.14	<.0001

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	16
Error de cuadrado medio	0.000045
Valor crítico del rango estudentizado	2.99800
Diferencia significativa mínima	0.0067

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.029356	9	12
B	0.012892	9	21

## Día 21

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.970467	Pr < W 0.8987
Kolmogorov-Smirnov	D 0.165475	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.025667	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.176702	Pr > A-Sq >0.2500

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.852637	Pr < W 0.0797
Kolmogorov-Smirnov	D 0.201614	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.07913	Pr > W-Sq 0.1940
Anderson-Darling	A-Sq 0.535126	Pr > A-Sq 0.1260

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	2.6951	0.1007

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00018947	0.00018947	1.45	0.2464
Error	16	0.00209395	0.00013087		
Total correcto	17	0.00228342			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.082975	50.70769	0.011440	0.022561

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00018947	0.00018947	1.45	0.2464

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	16
Error de cuadrado medio	0.000131
Valor crítico del rango estudentizado	2.99800
Diferencia significativa mínima	0.0114

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.025805	9	13
A			
A	0.019316	9	23

## Clorofila a

### Día 7

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.995666	Pr < W 0.8742
Kolmogorov-Smirnov	D 0.196963	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.028972	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.194323	Pr > A-Sq >0.2500

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.808795	Pr < W 0.1357
Kolmogorov-Smirnov	D 0.359858	Pr > D 0.1258
Cramer-von Mises	W-Sq 0.07536	Pr > W-Sq 0.1681
Anderson-Darling	A-Sq 0.413668	Pr > A-Sq 0.1075

#### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.1337	0.7146

#### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	699.7364979	699.7364979	149.60	0.0003
Error	4	18.7099835	4.6774959		
Total correcto	5	718.4464815			

R-cuadrado      Coef Var      Raiz MSE      y Media

0.973958      14.35880      2.162752      15.06221

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	699.7364979	699.7364979	149.60	0.0003

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	4
Error de cuadrado medio	4.677496
Valor crítico del rango estudentizado	3.92649
Diferencia significativa mínima	4.9029

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	25.861	3	21
B	4.263	3	11

## Día 14

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.788335	Pr < W 0.0869
Kolmogorov-Smirnov	D 0.369042	Pr > D 0.1027
Cramer-von Mises	W-Sq 0.080568	Pr > W-Sq 0.1385
Anderson-Darling	A-Sq 0.439141	Pr > A-Sq 0.0885

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.766981	Pr < W 0.0379
Kolmogorov-Smirnov	D 0.378039	Pr > D 0.0885
Cramer-von Mises	W-Sq 0.086049	Pr > W-Sq 0.1139
Anderson-Darling	A-Sq 0.46608	Pr > A-Sq 0.0719

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	6.2082	0.0127

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	6.58188561	6.58188561	0.32	0.5994
Error	4	81.13279675	20.28319919		
Total correcto	5	87.71468236			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.075037	23.22900	4.503687	19.38821

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	6.58188561	6.58188561	0.32	0.5994

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	4
Error de cuadrado medio	20.2832
Valor crítico del rango estudentizado	3.92649
Diferencia significativa mínima	10.21

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	20.436	3	12
A			
A	18.341	3	22

## Día 21

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X 0.817719	Pr < W	0.1121	
Kolmogorov-Smirnov	D 0.300246	Pr > D	0.1415	
Cramer-von Mises	W-Sq 0.095473	Pr > W-Sq	0.0977	
Anderson-Darling	A-Sq 0.529679	Pr > A-Sq	0.0893	

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X 0.990759	Pr < W	0.9823	
Kolmogorov-Smirnov	D 0.154814	Pr > D	>0.1500	
Cramer-von Mises	W-Sq 0.022664	Pr > W-Sq	>0.2500	
Anderson-Darling	A-Sq 0.15674	Pr > A-Sq	>0.2500	

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	1.0194	0.3127

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	340.9269932	340.9269932	37.08	0.0003
Error	8	73.5470496	9.1933812		
Total correcto	9	414.4740427			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.822553	18.94200	3.032059	16.00707

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	340.9269932	340.9269932	37.08	0.0003

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	8
Error de cuadrado medio	9.193381
Valor crítico del rango estudentizado	3.26115
Diferencia significativa mínima	4.4221

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	21.846	5	23
B	10.168	5	13

## Colorofila b

### Día 7

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.991291	Pr < W 0.8215
Kolmogorov-Smirnov	D 0.209573	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.030049	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.199215	Pr > A-Sq >0.2500

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.999619	Pr < W 0.9627
Kolmogorov-Smirnov	D 0.177344	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.028	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.189913	Pr > A-Sq >0.2500

#### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.9832	0.3214

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	56.53113800	56.53113800	129.72	0.0003
Error	4	1.74319238	0.43579810		
Total correcto	5	58.27433038			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.970086	14.27657	0.660150	4.624010

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	56.53113800	56.53113800	129.72	0.0003

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	4
Error de cuadrado medio	0.435798
Valor crítico del rango estudentizado	3.92649
Diferencia significativa mínima	1.4965

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	7.6935	3	21
B	1.5545	3	11

## Día 14

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.759821	Pr < W 0.0218
Kolmogorov-Smirnov	D 0.380935	Pr > D 0.0843
Cramer-von Mises	W-Sq 0.087899	Pr > W-Sq 0.1056
Anderson-Darling	A-Sq 0.475195	Pr > A-Sq 0.0662

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.999081	Pr < W 0.9421
Kolmogorov-Smirnov	D 0.180629	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.028132	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.190513	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	7.9095	0.0049

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	38.97770933	38.97770933	3.25	0.1457
Error	4	47.96349832	11.99087458		
Total correcto	5	86.94120764			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.448323	40.62649	3.462784	8.523463

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	38.97770933	38.97770933	3.25	0.1457

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	4
Error de cuadrado medio	11.99087
Valor crítico del rango estudentizado	3.92649
Diferencia significativa mínima	7.85

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	11.072	3	12
A			
A	5.975	3	22

## Día 21

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.919766	Pr < W 0.5284
Kolmogorov-Smirnov	D 0.275392	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.053026	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.313475	Pr > A-Sq >0.2500

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.94818	Pr < W 0.7242
Kolmogorov-Smirnov	D 0.186086	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.0305	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.207009	Pr > A-Sq >0.2500

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	1.2618	0.2613

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	33.28445675	33.28445675	42.89	0.0002
Error	8	6.20771876	0.77596484		
Total correcto	9	39.49217551			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.842811	18.53298	0.880889	4.753088

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	33.28445675	33.28445675	42.89	0.0002

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	8
Error de cuadrado medio	0.775965
Valor crítico del rango estudentizado	3.26115
Diferencia significativa mínima	1.2847

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	6.5775	5	23
B	2.9287	5	13

## Clorofila total

### Día 7

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.994679	Pr < W 0.8606
Kolmogorov-Smirnov	D 0.200231	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.029215	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.195427	Pr > A-Sq >0.2500

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.775248	Pr < W 0.0567
Kolmogorov-Smirnov	D 0.374622	Pr > D 0.0934
Cramer-von Mises	W-Sq 0.083921	Pr > W-Sq 0.1234
Anderson-Darling	A-Sq 0.455607	Pr > A-Sq 0.0783

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.2879	0.5916

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	1154.045969	1154.045969	148.56	0.0003
Error	4	31.072747	7.768187		
Total correcto	5	1185.118716			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.973781	14.15786	2.787147	19.68622

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	1154.045969	1154.045969	148.56	0.0003

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	4
Error de cuadrado medio	7.768187
Valor crítico del rango estudentizado	3.92649
Diferencia significativa mínima	6.3183

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	33.555	3	21
B	5.818	3	11

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.872922	Pr < W 0.3039
Kolmogorov-Smirnov	D 0.326361	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.059265	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.33583	Pr > A-Sq 0.2129

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.992131	Pr < W 0.8304
Kolmogorov-Smirnov	D 0.207459	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.029842	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.198275	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	1.5238	0.2170

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	77.59375326	77.59375326	63.86	0.0013
Error	4	4.86054302	1.21513575		
Total correcto	5	82.45429628			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.941052	3.949358	1.102332	27.91168

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	77.59375326	77.59375326	63.86	0.0013

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	4
Error de cuadrado medio	1.215136
Valor crítico del rango estudentizado	3.92649
Diferencia significativa mínima	2.4989

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	31.5078	3	12
B	24.3155	3	22

## Día 21

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X 0.846375	Pr < W	0.1833	
Kolmogorov-Smirnov	D 0.29456	Pr > D	>0.1500	
Cramer-von Mises	W-Sq 0.082701	Pr > W-Sq	0.1502	
Anderson-Darling	A-Sq 0.465912	Pr > A-Sq	0.1380	

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X 0.998997	Pr < W	0.9996	
Kolmogorov-Smirnov	D 0.121835	Pr > D	>0.1500	
Cramer-von Mises	W-Sq 0.017909	Pr > W-Sq	>0.2500	
Anderson-Darling	A-Sq 0.136727	Pr > A-Sq	>0.2500	

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	1.1580	0.2819

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	587.2613950	587.2613950	39.07	0.0002

Error	8	120.2472239	15.0309030
Total correcto	9	707.5086189	

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.830041	18.67505	3.876971	20.76016

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	587.2613950	587.2613950	39.07	0.0002

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	8
Error de cuadrado medio	15.0309
Valor crítico del rango estudentizado	3.26115
Diferencia significativa mínima	5.6543

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	28.423	5	23
B	13.097	5	13

## Carotenoides

### Día 7

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.78491	Pr < W 0.0790
Kolmogorov-Smirnov	D 0.370523	Pr > D 0.0994
Cramer-von Mises	W-Sq 0.081444	Pr > W-Sq 0.1345
Anderson-Darling	A-Sq 0.443438	Pr > A-Sq 0.0859

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.83363	Pr < W 0.1976
Kolmogorov-Smirnov	D 0.347841	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.069091	Pr > W-Sq 0.2111
Anderson-Darling	A-Sq 0.383173	Pr > A-Sq 0.1402

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.6755	0.4111

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00615053	0.00615053	0.03	0.8680
Error	4	0.78411534	0.19602883		
Total correcto	5	0.79026587			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.007783	13.29358	0.442751	3.330566

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00615053	0.00615053	0.03	0.8680

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	4
Error de cuadrado medio	0.196029
Valor crítico del rango estudentizado	3.92649
Diferencia significativa mínima	1.0037

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	3.3626	3	11
A			
A	3.2985	3	21

## Día14

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X 0.837821	Pr < W	0.2084	
Kolmogorov-Smirnov	D 0.345706	Pr > D	>0.1500	
Cramer-von Mises	W-Sq 0.068038	Pr > W-Sq	0.2184	
Anderson-Darling	A-Sq 0.378072	Pr > A-Sq	0.1456	

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X 0.82623	Pr < W	0.1788	
Kolmogorov-Smirnov	D 0.351531	Pr > D	0.1467	
Cramer-von Mises	W-Sq 0.070954	Pr > W-Sq	0.1984	
Anderson-Darling	A-Sq 0.392212	Pr > A-Sq	0.1305	

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	4.4293	0.0353

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.20809669	0.20809669	0.03	0.8738
Error	4	29.05670142	7.26417535		
Total correcto	5	29.26479810			

R-cuadrado      Coef Var      Raiz MSE      y Media

0.007111      64.88497      2.695213      4.153833

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.20809669	0.20809669	0.03	0.8738

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	4
Error de cuadrado medio	7.264175
Valor crítico del rango estudentizado	3.92649
Diferencia significativa mínima	6.1099

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	4.340	3	12
A			
A	3.968	3	22

## Día 21

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.827212	Pr < W 0.1326
Kolmogorov-Smirnov	D 0.256544	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.075851	Pr > W-Sq 0.1945
Anderson-Darling	A-Sq 0.459105	Pr > A-Sq 0.1441

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.677703	Pr < W 0.0055
Kolmogorov-Smirnov	D 0.428247	Pr > D <0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq 0.172038	Pr > W-Sq 0.0076
Anderson-Darling	A-Sq 0.879736	Pr > A-Sq 0.0077

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.0873	0.7677

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	2.63541442	2.63541442	4.10	0.0776
Error	8	5.14777007	0.64347126		
Total correcto	9	7.78318448			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.338604	17.33300	0.802167	4.627974

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	2.63541442	2.63541442	4.10	0.0776

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	8
Error de cuadrado medio	0.643471
Valor crítico del rango estudentizado	3.26115
Diferencia significativa mínima	1.1699

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	5.1413	5	23
A			
A	4.1146	5	13

**Alfa**

## Día 7

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.881068	Pr < W 0.3275
Kolmogorov-Smirnov	D 0.321431	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.05724	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.326147	Pr > A-Sq 0.2289

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.75	Pr < W <0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D 0.384815	Pr > D 0.0786
Cramer-von Mises	W-Sq 0.090445	Pr > W-Sq 0.0965
Anderson-Darling	A-Sq 0.487767	Pr > A-Sq 0.0584

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.000349	0.9851

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00960000	0.00960000	2.84	0.1674
Error	4	0.01353333	0.00338333		
Total correcto	5	0.02313333			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.414986	10.14531	0.058166	0.573333

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00960000	0.00960000	2.84	0.1674

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	4
Error de cuadrado medio	0.003383
Valor crítico del rango estudentizado	3.92649
Diferencia significativa mínima	0.1319

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.61333	3	21
A			
A	0.53333	3	11

## Día 14

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.964831	Pr < W 0.8412
Kolmogorov-Smirnov	D 0.174093	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.028503	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.186858	Pr > A-Sq >0.2500

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.908942	Pr < W 0.4613
Kolmogorov-Smirnov	D 0.271946	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.052553	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.313291	Pr > A-Sq >0.2500

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.6478	0.4209

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00196000	0.00196000	0.20	0.6674
Error	8	0.07880000	0.00985000		
Total correcto	9	0.08076000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.024269	20.76301	0.099247	0.478000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00196000	0.00196000	0.20	0.6674

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	8
Error de cuadrado medio	0.00985
Valor crítico del rango estudentizado	3.26115
Diferencia significativa mínima	0.1447

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.49200	5	12
A			
A	0.46400	5	22

**Día 21**

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X 0.793148	Pr < W	0.0905	
Kolmogorov-Smirnov	D 0.362652	Pr > D	0.0626	
Cramer-von Mises	W-Sq 0.094971	Pr > W-Sq	0.0935	
Anderson-Darling	A-Sq 0.509694	Pr > A-Sq	0.0810	

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X 0.908851	Pr < W	0.4763	
Kolmogorov-Smirnov	D 0.249	Pr > D	>0.1500	
Cramer-von Mises	W-Sq 0.046711	Pr > W-Sq	>0.2500	
Anderson-Darling	A-Sq 0.281482	Pr > A-Sq	>0.2500	

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.00600	0.9382

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00911250	0.00911250	0.67	0.4435
Error	6	0.08127500	0.01354583		
Total correcto	7	0.09038750			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.100816	38.31657	0.116387	0.303750

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00911250	0.00911250	0.67	0.4435

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	6
Error de cuadrado medio	0.013546
Valor crítico del rango estudentizado	3.46046
Diferencia significativa mínima	0.2014

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.33750	4	13
A			
A	0.27000	4	23

**IK**

**Día 7**

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.980798	Pr < W 0.7345
Kolmogorov-Smirnov	D 0.230229	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.03263	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.21099	Pr > A-Sq >0.2500

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.999471	Pr < W 0.9561
Kolmogorov-Smirnov	D 0.177806	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.028036	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.190077	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	1.3179	0.2510

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
--------	----	-------------------	----------------------	---------	--------

Modelo	1	8357.44082	8357.44082	7.70	0.0501
Error	4	4340.52847	1085.13212		
Total correcto	5	12697.96928			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.658171	17.53396	32.94134	187.8717

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	8357.440817	8357.440817	7.70	0.0501

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	4
Error de cuadrado medio	1085.132
Valor crítico del rango estudentizado	3.92649
Diferencia significativa mínima	74.677

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	225.19	3	21
A			
A	150.55	3	11

## Día 14

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.790791	Pr < W 0.0680
Kolmogorov-Smirnov	D 0.310573	Pr > D 0.1109
Cramer-von Mises	W-Sq 0.09791	Pr > W-Sq 0.0916
Anderson-Darling	A-Sq 0.561707	Pr > A-Sq 0.0729

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.811032	Pr < W 0.0994
Kolmogorov-Smirnov	D 0.304964	Pr > D 0.1275
Cramer-von Mises	W-Sq 0.088894	Pr > W-Sq 0.1239
Anderson-Darling	A-Sq 0.502908	Pr > A-Sq 0.1053

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	2.161E-7	0.9996

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	304.372890	304.372890	0.48	0.5095
Error	8	5108.521160	638.565145		
Total correcto	9	5412.894050			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.056231	15.75771	25.26985	160.3650

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	304.3728900	304.3728900	0.48	0.5095

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	8
Error de cuadrado medio	638.5651
Valor crítico del rango estudentizado	3.26115
Diferencia significativa mínima	36.854

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	165.88	5	22
A			
A	154.85	5	12

## Día 21

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.998159	Pr < W 0.9942
Kolmogorov-Smirnov	D 0.138608	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.021289	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.156154	Pr > A-Sq >0.2500

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.973419	Pr < W 0.8625
Kolmogorov-Smirnov	D 0.196828	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.027151	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.186778	Pr > A-Sq >0.2500

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.000016	0.9969

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	386.003113	386.003113	2.13	0.1943
Error	6	1084.849275	180.808213		
Total correcto	7	1470.852388			

R-cuadrado      Coef Var      Raiz MSE      y Media

0.262435      9.592734      13.44649      140.1738

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	386.0031125	386.0031125	2.13	0.1943

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	6
Error de cuadrado medio	180.8082
Valor crítico del rango estudentizado	3.46046
Diferencia significativa mínima	23.266

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	147.120	4	13
A			
A	133.228	4	23

**Pmax**

**Día 7**

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.989848	Pr < W 0.8072
Kolmogorov-Smirnov	D 0.212978	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.030404	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.200831	Pr > A-Sq >0.2500

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.971993	Pr < W 0.6789

Kolmogorov-Smirnov	D	0.243282	Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq	0.034796	Pr > W-Sq	>0.2500
Anderson-Darling	A-Sq	0.220919	Pr > A-Sq	>0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.9747	0.3235

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	5121.681667	5121.681667	5.53	0.0783
Error	4	3702.509867	925.627467		
Total correcto	5	8824.191533			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.580414	27.66500	30.42413	109.9733

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	5121.681667	5121.681667	5.53	0.0783

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	4
Error de cuadrado medio	925.6275
Valor crítico del rango estudentizado	3.92649
Diferencia significativa mínima	68.97

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
--------------------	-------	---	----------

A	139.19	3	21
A			
A	80.76	3	11

## Día 14

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X 0.890109	Pr < W	0.3577	
Kolmogorov-Smirnov	D 0.289069	Pr > D	>0.1500	
Cramer-von Mises	W-Sq 0.060985	Pr > W-Sq	>0.2500	
Anderson-Darling	A-Sq 0.360574	Pr > A-Sq	>0.2500	

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X 0.904107	Pr < W	0.4330	
Kolmogorov-Smirnov	D 0.236273	Pr > D	>0.1500	
Cramer-von Mises	W-Sq 0.050479	Pr > W-Sq	>0.2500	
Anderson-Darling	A-Sq 0.318357	Pr > A-Sq	>0.2500	

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.2733	0.6011

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.466560	0.466560	0.00	0.9800
Error	8	5576.878040	697.109755		
Total correcto	9	5577.344600			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.000084	33.78914	26.40284	78.14000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.46656000	0.46656000	0.00	0.9800

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	8
Error de cuadrado medio	697.1098
Valor crítico del rango estudentizado	3.26115
Diferencia significativa mínima	38.507

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cofrablo
A	78.36	5	22
A			
A	77.92	5	12

## Día 21

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.930898	Pr < W 0.5997
Kolmogorov-Smirnov	D 0.293339	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.054123	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.298314	Pr > A-Sq >0.2500

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.919933	Pr < W 0.5366
Kolmogorov-Smirnov	D 0.255669	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.041931	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.263324	Pr > A-Sq >0.2500

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.00246	0.9604

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	312.250050	312.250050	0.94	0.3691
Error	6	1987.159900	331.193317		
Total correcto	7	2299.409950			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.135796	42.24155	18.19872	43.08250

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	312.2500500	312.2500500	0.94	0.3691

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	6
Error de cuadrado medio	331.1933
Valor crítico del rango estudentizado	3.46046
Diferencia significativa mínima	31.488

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	49.33	4	13
A			
A	36.84	4	23

## Rendimiento máximo para la fotoquímica primaria en PSII (PHI Po)

### Día 7

Tests para normalidad

Test                      --Estadístico--        -----P-valor-----

Shapiro-Wilk	#11 X	0.879919	Pr < W	0.1302
Kolmogorov-Smirnov	D	0.186679	Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq	0.059626	Pr > W-Sq	>0.2500
Anderson-Darling	A-Sq	0.449012	Pr > A-Sq	0.2250

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--		-----P-valor-----	
Shapiro-Wilk	#11 X	0.832762	Pr < W	0.0361
Kolmogorov-Smirnov	D	0.203957	Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq	0.092673	Pr > W-Sq	0.1257
Anderson-Darling	A-Sq	0.633366	Pr > A-Sq	0.0735

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	2.2529	0.1334

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00093571	0.00093571	5.70	0.0281
Error	18	0.00295296	0.00016405		
Total correcto	19	0.00388867			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.240625	1.580261	0.012808	0.810520

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00093571	0.00093571	5.70	0.0281

t Tests (LSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error comparisonwise de tipo I, no el índice de error

experimentwise.

Alfa

0.05

Error de grados de libertad	18
Error de cuadrado medio	0.000164
Valor crítico de t	2.10092
Diferencia menos significativa	0.012

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.817360	10	21
B	0.803680	10	11

## Día 14

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X 0.812383	Pr < W	0.0205	
Kolmogorov-Smirnov	D 0.248689	Pr > D	0.0791	
Cramer-von Mises	W-Sq 0.14868	Pr > W-Sq	0.0209	
Anderson-Darling	A-Sq 0.834316	Pr > A-Sq	0.0210	

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X 0.968204	Pr < W	0.8737	
Kolmogorov-Smirnov	D 0.149016	Pr > D	>0.1500	
Cramer-von Mises	W-Sq 0.030867	Pr > W-Sq	>0.2500	
Anderson-Darling	A-Sq 0.197308	Pr > A-Sq	>0.2500	

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	7.2910	0.0069

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00003781	0.00003781	0.25	0.6205
Error	18	0.00268134	0.00014896		

Total correcto 19 0.00271915

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE y Media  
 0.013906 1.509788 0.012205 0.808395

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00003781	0.00003781	0.25	0.6205

Procedimiento ANOVA

t Tests (LSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error comparisonwise de tipo I, no el índice de error

experimentwise.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	18
Error de cuadrado medio	0.000149
Valor crítico de t	2.10092
Diferencia menos significativa	0.0115

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.809770	10	22
A	0.807020	10	12

## Día 21

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.910743	Pr < W 0.2861
Kolmogorov-Smirnov	D 0.173289	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.050924	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.360143	Pr > A-Sq >0.2500

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.908673	Pr < W 0.2352
Kolmogorov-Smirnov	D 0.153876	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.058665	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.38892	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.0569	0.8115

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00134385	0.00134385	2.03	0.1709
Error	19	0.01260697	0.00066352		
Total correcto	20	0.01395082			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.096328	3.268905	0.025759	0.788000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00134385	0.00134385	2.03	0.1709

Procedimiento ANOVA

t Tests (LSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error comparisonwise de tipo I, no el índice de error

experimentwise.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	19
Error de cuadrado medio	0.000664
Valor crítico de t	2.09302
Diferencia menos significativa	0.0236
Media armónica de tamaño de celdas	10.47619

NOTA: Los tamaños de las celdas no son iguales.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.79563	11	23
A			
A	0.77961	10	13

## Eficiencia con la que un excitón mueve un electrón después de QA (PSI o)

### Día 7

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.943846	Pr < W 0.5965
Kolmogorov-Smirnov	D 0.177819	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.057164	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.341893	Pr > A-Sq >0.2500

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.862798	Pr < W 0.0823
Kolmogorov-Smirnov	D 0.194766	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.099381	Pr > W-Sq 0.0992
Anderson-Darling	A-Sq 0.595149	Pr > A-Sq 0.0908

#### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	3.4192	0.0644

#### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.01262029	0.01262029	8.57	0.0090
Error	18	0.02651809	0.00147323		

Total correcto 19 0.03913838

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE y Media  
 0.322453 6.520674 0.038383 0.588630

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.01262029	0.01262029	8.57	0.0090

t Tests (LSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error comparisonwise de tipo I, no el índice de error experimentwise.

Alfa 0.05  
 Error de grados de libertad 18  
 Error de cuadrado medio 0.001473  
 Valor critico de t 2.10092  
 Diferencia menos significativa 0.0361

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.61375	10	21
B	0.56351	10	11

## Día 14

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.91564	Pr < W 0.3220
Kolmogorov-Smirnov	D 0.173928	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.050119	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.34783	Pr > A-Sq >0.2500

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.922298	Pr < W 0.3765

Kolmogorov-Smirnov	D	0.190409	Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq	0.061132	Pr > W-Sq	>0.2500
Anderson-Darling	A-Sq	0.374716	Pr > A-Sq	>0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	9.8788	0.0017

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00048708	0.00048708	0.33	0.5719
Error	18	0.02645287	0.00146960		
Total correcto	19	0.02693995			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.018080	6.161714	0.038335	0.622155

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00048708	0.00048708	0.33	0.5719

t Tests (LSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error comparisonwise de tipo I, no el índice de error

experimentwise.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	18
Error de cuadrado medio	0.00147
Valor critico de t	2.10092
Diferencia menos significativa	0.036

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

t Agrupamiento	Media	N	cotrablo
----------------	-------	---	----------

A	0.62709	10	12
A			
A	0.61722	10	22

## Día 21

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.960312	Pr < W 0.7894
Kolmogorov-Smirnov	D 0.137317	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.029739	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.194053	Pr > A-Sq >0.2500

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.911997	Pr < W 0.2950
Kolmogorov-Smirnov	D 0.207934	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.066333	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.391593	Pr > A-Sq >0.2500

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	1.9747	0.1599

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.02660122	0.02660122	5.86	0.0263
Error	18	0.08177667	0.00454315		
Total correcto	19	0.10837789			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.245449	12.49034	0.067403	0.539640

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
--------	----	----------	----------------------	---------	--------

cotrablo 1 0.02660122 0.02660122 5.86 0.0263

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	18
Error de cuadrado medio	0.004543
Valor crítico del rango estudentizado	2.97115
Diferencia significativa mínima	0.0633

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.57611	10	23
B	0.50317	10	13

## Producto Cuántico Máximo para el transporte electrónico después de QB (PHI Eo)

Día 7

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.947955	Pr < W 0.6444
Kolmogorov-Smirnov	D 0.159447	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.046783	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.302241	Pr > A-Sq >0.2500

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.866238	Pr < W 0.0903
Kolmogorov-Smirnov	D 0.218871	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.092615	Pr > W-Sq 0.1260
Anderson-Darling	A-Sq 0.573315	Pr > A-Sq 0.1013

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	2.8813	0.0896

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.01167411	0.01167411	8.26	0.0101
Error	18	0.02544717	0.00141373		
Total correcto	19	0.03712128			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.314486	7.871134	0.037600	0.477690

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.01167411	0.01167411	8.26	0.0101

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	18
Error de cuadrado medio	0.001414
Valor crítico del rango estudentizado	2.97115
Diferencia significativa mínima	0.0353

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.50185	10	21
B	0.45353	10	11

**Día 14**

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.896796	Pr < W 0.2020
Kolmogorov-Smirnov	D 0.213796	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.075882	Pr > W-Sq 0.2166
Anderson-Darling	A-Sq 0.457978	Pr > A-Sq 0.2141

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.957172	Pr < W 0.7532
Kolmogorov-Smirnov	D 0.165928	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.038312	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.242397	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	9.6476	0.0019

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00023736	0.00023736	0.17	0.6841
Error	18	0.02498711	0.00138817		
Total correcto	19	0.02522447			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.009410	7.402558	0.037258	0.503315

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00023736	0.00023736	0.17	0.6841

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	18
Error de cuadrado medio	0.001388
Valor crítico del rango estudentizado	2.97115

Diferencia significativa mínima 0.035

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.50676	10	12
A			
A	0.49987	10	22

## Día 21

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X 0.956257	Pr < W	0.7425	
Kolmogorov-Smirnov	D 0.142214	Pr > D	>0.1500	
Cramer-von Mises	W-Sq 0.029799	Pr > W-Sq	>0.2500	
Anderson-Darling	A-Sq 0.199522	Pr > A-Sq	>0.2500	

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----		
Shapiro-Wilk	#11 X 0.902652	Pr < W	0.2342	
Kolmogorov-Smirnov	D 0.227585	Pr > D	0.1459	
Cramer-von Mises	W-Sq 0.070282	Pr > W-Sq	>0.2500	
Anderson-Darling	A-Sq 0.420082	Pr > A-Sq	>0.2500	

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.9191	0.3377

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.02249863	0.02249863	5.27	0.0339
Error	18	0.07686903	0.00427050		
Total correcto	19	0.09936766			

	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
	0.226418	15.28526	0.065349	0.427530

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.02249863	0.02249863	5.27	0.0339

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	18
Error de cuadrado medio	0.004271
Valor crítico del rango estudentizado	2.97115
Diferencia significativa mínima	0.0614

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.46107	10	23
B	0.39399	10	13

## Disminución de excitación no fotoquímica (PHI Do)

### Día 7

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.879919	Pr < W 0.1302
Kolmogorov-Smirnov	D 0.186679	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.059626	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.449012	Pr > A-Sq 0.2250

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.832762	Pr < W 0.0361
Kolmogorov-Smirnov	D 0.203957	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.092673	Pr > W-Sq 0.1257
Anderson-Darling	A-Sq 0.633366	Pr > A-Sq 0.0735

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	2.2529	0.1334

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00093571	0.00093571	5.70	0.0281
Error	18	0.00295296	0.00016405		
Total correcto	19	0.00388867			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.240625	6.759727	0.012808	0.189480

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00093571	0.00093571	5.70	0.0281

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	18
Error de cuadrado medio	0.000164
Valor crítico del rango estudentizado	2.97115
Diferencia significativa mínima	0.012

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.196320	10	11
B	0.182640	10	21

## Día 14

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.812383	Pr < W 0.0205
Kolmogorov-Smirnov	D 0.248689	Pr > D 0.0791
Cramer-von Mises	W-Sq 0.14868	Pr > W-Sq 0.0209
Anderson-Darling	A-Sq 0.834316	Pr > A-Sq 0.0210

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.832762	Pr < W 0.0361
Kolmogorov-Smirnov	D 0.203957	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.092673	Pr > W-Sq 0.1257
Anderson-Darling	A-Sq 0.633366	Pr > A-Sq 0.0735

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	2.5678	0.1091

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00053458	0.00053458	3.08	0.0962
Error	18	0.00312208	0.00017345		
Total correcto	19	0.00365666			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.146193	7.012406	0.013170	0.187810

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00053458	0.00053458	3.08	0.0962

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	18
Error de cuadrado medio	0.000173
Valor crítico del rango estudentizado	2.97115
Diferencia significativa mínima	0.0124

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.192980	10	12
A			
A	0.182640	10	21

## Día 21

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.910743	Pr < W 0.2861
Kolmogorov-Smirnov	D 0.173289	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.050924	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.360143	Pr > A-Sq >0.2500

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.929874	Pr < W 0.4467
Kolmogorov-Smirnov	D 0.161207	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.045051	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.294134	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.0349	0.8517

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Suma de	Cuadrado de
---------	-------------

Fuente	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.00086330	0.00086330	1.33	0.2641
Error	18	0.01169631	0.00064980		
Total correcto	19	0.01255961			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.068736	11.92175	0.025491	0.213820

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.00086330	0.00086330	1.33	0.2641

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	18
Error de cuadrado medio	0.00065
Valor crítico del rango estudentizado	2.97115
Diferencia significativa mínima	0.024

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	0.22039	10	13
A			
A	0.20725	10	23

## Centros de reacción activos

### Día 7

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.921326	Pr < W 0.3682
Kolmogorov-Smirnov	D 0.206646	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.063619	Pr > W-Sq >0.2500

Anderson-Darling      A-Sq    0.39564    Pr > A-Sq >0.2500

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.901037	Pr < W 0.2249
Kolmogorov-Smirnov	D 0.231875	Pr > D 0.1292
Cramer-von Mises	W-Sq 0.091717	Pr > W-Sq 0.1296
Anderson-Darling	A-Sq 0.509608	Pr > A-Sq 0.1519

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	3.8889	0.0486

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.43426992	0.43426992	0.58	0.4560
Error	18	13.46652604	0.74814034		
Total correcto	19	13.90079596			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.031241	11.17237	0.864951	7.741875

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.43426992	0.43426992	0.58	0.4560

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	18
Error de cuadrado medio	0.74814
Valor crítico del rango estudentizado	2.97115
Diferencia significativa mínima	0.8127

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	7.8892	10	21
A			
A	7.5945	10	11

## Día 14

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.784571	Pr < W 0.0094
Kolmogorov-Smirnov	D 0.306006	Pr > D <0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq 0.164505	Pr > W-Sq 0.0126
Anderson-Darling	A-Sq 0.932692	Pr > A-Sq 0.0111

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.944837	Pr < W 0.6080
Kolmogorov-Smirnov	D 0.179032	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.052874	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.313425	Pr > A-Sq >0.2500

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	4.8813	0.0271

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.22357666	0.22357666	0.29	0.5940
Error	18	13.66689625	0.75927201		
Total correcto	19	13.89047291			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.016096	11.22901	0.871362	7.759920

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	0.22357666	0.22357666	0.29	0.5940

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	18
Error de cuadrado medio	0.759272
Valor crítico del rango estudentizado	2.97115
Diferencia significativa mínima	0.8187

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	7.8657	10	12
A			
A	7.6542	10	22

## Día 21

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.943592	Pr < W 0.6202
Kolmogorov-Smirnov	D 0.170047	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.032637	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.242071	Pr > A-Sq >0.2500

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.932857	Pr < W 0.4405
Kolmogorov-Smirnov	D 0.156299	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.037203	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.278913	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
--------	----	--------------	------------

tra 1 2.1774 0.1400

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	10.54280776	10.54280776	6.93	0.0169
Error	18	27.37502271	1.52083460		
Total correcto	19	37.91783047			

R-cuadrado 0.278044  
 Coef Var 17.12962  
 Raiz MSE 1.233221  
 y Media 7.199350

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	10.54280776	10.54280776	6.93	0.0169

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa 0.05  
 Error de grados de libertad 18  
 Error de cuadrado medio 1.520835  
 Valor crítico del rango estudentizado 2.97115  
 Diferencia significativa mínima 1.1645  
 Media armónica de tamaño de celdas 9.9

NOTA: Los tamaños de las celdas no son iguales.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	7.8561	11	23
B	6.3967	9	13

## Índice de Performancia

### Día 7

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.976995	Pr < W 0.9471
Kolmogorov-Smirnov	D 0.144579	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.032494	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.205492	Pr > A-Sq >0.2500

#### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.86129	Pr < W 0.0790
Kolmogorov-Smirnov	D 0.239967	Pr > D 0.0987
Cramer-von Mises	W-Sq 0.103602	Pr > W-Sq 0.0891
Anderson-Darling	A-Sq 0.614565	Pr > A-Sq 0.0820

#### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	1.2632	0.2610

#### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	980.029400	980.029400	4.90	0.0400
Error	18	3597.968225	199.887124		
Total correcto	19	4577.997626			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.214074	28.20102	14.13814	50.13346

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	980.0294002	980.0294002	4.90	0.0400

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	18
Error de cuadrado medio	199.8871
Valor crítico del rango estudentizado	2.97115
Diferencia significativa mínima	13.284

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	57.134	10	21
B	43.133	10	11

## Día 14

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----	
Shapiro-Wilk	#11 X 0.92809	Pr < W	0.4294
Kolmogorov-Smirnov	D 0.207362	Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.064795	Pr > W-Sq	>0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.366542	Pr > A-Sq	>0.2500

### Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----	
Shapiro-Wilk	#11 X 0.971523	Pr < W	0.9046
Kolmogorov-Smirnov	D 0.117917	Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.020368	Pr > W-Sq	>0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.159413	Pr > A-Sq	>0.2500

### Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	7.1619	0.0074

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y



Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.90269	Pr < W 0.2680
Kolmogorov-Smirnov	D 0.202401	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.057494	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.389588	Pr > A-Sq >0.2500

Test de Bartlett para la homogeneidad de la varianza y

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
tra	1	0.0689	0.7930

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	2095.871159	2095.871159	5.94	0.0261
Error	17	5998.957148	352.879832		
Total correcto	18	8094.828307			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	y Media
0.258915	48.01413	18.78510	39.12410

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
cotrablo	1	2095.871159	2095.871159	5.94	0.0261

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	17
Error de cuadrado medio	352.8798
Valor crítico del rango estudentizado	2.98373
Diferencia significativa mínima	18.21
Media armónica de tamaño de celdas	9.473684

NOTA: Los tamaños de las celdas no son iguales.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	cotrablo
A	50.195	9	23
B	29.160	10	13