

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Respuesta de *Daucus carota*, L. a la aplicación de microorganismos nativos en condiciones de organopónico

Response of carrot (*Daucus carota*, L.) to the application of native microorganisms under organoponic conditions

Dania Bárbara Núñez Sosa, Ramón Liriano González, Yunel Pérez Hernández, Iraní Placeres Espinosa y Gaydou Sianeh Zawolo

Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", Autopista a Varadero km 3 ½ Matanzas, Cuba. CP 44740

E-mail: danianunez@umcc.cu

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en el organopónico de la Universidad de Matanzas, Sede "Camilo Cienfuegos" con el objetivo de evaluar la respuesta productiva y el comportamiento de indicadores bioquímicos del cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.), a la aplicación de microorganismos nativos (ME). Se estudiaron cuatro tratamientos (Control, Aplicación del biopreparado a base de microorganismos nativos (ME) en dosis de 4 mL m⁻², 8 mL m⁻² y 10 mL m⁻², asperjado a los 20, 40 y 60 días respectivamente). El diseño experimental empleado fue bloques al azar. Se evaluó el rendimiento, sus componentes e indicadores bioquímicos (contenido de proteínas, carbohidratos solubles totales y azúcares reductores). Los resultados obtenidos, sugieren que el biopreparado a base de microorganismos nativos (ME) ejerce un efecto positivo en el rendimiento y sus componentes en el cultivo de la zanahoria, destacando la dosis de 10 mL m⁻² como la más efectiva con un incremento de 0,72 kg m⁻². Se incrementó en un valor máximo de 3,35 mg mL⁻¹ el contenido de carbohidratos, en 17,6 kg m⁻² los azúcares reductores y en 8,05 kg m⁻² las proteínas solubles totales con la aplicación del producto aplicado.

Palabras clave: microorganismos eficientes, organopónico, zanahoria

ABSTRACT

The present research was carried out in an organoponic belonging to the University of Matanzas. With the aim to evaluate the biochemical and productivity responses of carrot (*Daucus carota* L.) after the application of native microorganisms four treatments were analyzed (control, native microorganism's bio-preparations with doses of 4 mL m⁻², 8 mL m⁻² and 10 mL m⁻², the ME were sprayed on 20, 40 and 60 days, respectively). The experimental design employed was a complete randomize block. The yield and its components as well as the biochemical parameters total soluble protein, carbohydrates and reducing sugar were measured. The obtained results suggested that the native microorganisms had a positive effect on the yield and its components in carrot plants, where 10 mL m⁻² was the most effective dose, increased 0,72 kg m⁻². The contents of soluble carbohydrates, reducing sugar and soluble proteins were also increased in a maxim value of 3.35 mg mL⁻¹, 17.6 kg m⁻² and 8.05 kg m⁻² respectively, with the application of the studied bioproduct.

Keywords: native microorganisms, organoponic, carrot

INTRODUCCION

Desde los años setenta vienen desarrollándose investigaciones sobre microorganismos del suelo que promueven el crecimiento de las plantas, lo que ha llevado a la aplicación de técnicas de fertilización “no contaminantes” para aumentar el rendimiento de los cultivos (Pernasetti y Di Bárbaro, 2012; Di Barbaro *et al.*, 2012), constituyendo el uso de los microorganismos nativos, una alternativa viable, sumamente importante para lograr un desarrollo agrícola ecológicamente sostenible, lo cual permite una producción a bajo costo, sin contaminar el ambiente y conservando el suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad.

Varios estudios realizados han demostrado que los microorganismos nativos son los responsables del mejoramiento de las propiedades físico-químicas de los suelos y de la nutrición de los cultivos. Restrepo (2010), manifiesta que la función de los microorganismos en la elaboración del biofermento consiste en tomar las sustancias orgánicas y sustancias generadas por otros microorganismos para basar en ellas su funcionamiento y desarrollo. Estos microorganismos benéficos secretan sustancias como las vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y antioxidantes al contactar con la materia orgánica.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la respuesta productiva y el comportamiento de indicadores bioquímicos del cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.), a la aplicación de microorganismos nativos (ME) en condiciones de organopónico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el organopónico de la Universidad de Matanzas, Sede “Camilo Cienfuegos, perteneciente a la Granja Urbana del municipio y provincia del mismo nombre, en el cultivo de zanahoria (*D. carota* L.), variedad New Kuroda. El biopreparado a base de microorganismos nativos (ME) fue obtenido en la planta de producción de bioplaguicidas perteneciente a LABIOFAM de la provincia Matanzas.

La caracterización microbiológica del biopreparado fue realizada en el Laboratorio de Microbiología de la facultad de Ciencias

Agropecuarias de la Universidad de Matanzas. Para el aislamiento de los grupos de Levaduras, Hongos, Actinomicetos y Bacterias, se siguió la metodología de las diluciones seriadas sugeridas por Stanier (1996).

Se tomó 1 mL del inóculo y se realizaron diluciones seriadas en solución salina estéril (0,9 % de NaCl) desde 10^{-1} hasta 10^{-6} . Posteriormente, se inocularon en los diferentes medios de cultivos, 0,5 mL con la ayuda de espátula de Drigalsky en tres placas, las siguientes diluciones:

- Levaduras: Agar Papa Dextrosa, dilución 10^{-4} . Temperatura de incubación, 30 °C por 24 horas
- Actinomicetos: Agar amoniacal, dilución 10^{-4} en profundidad. Temperatura de incubación, 30 °C durante 3 - 4 días
- Hongos: Agar Saborour, dilución 10^{-5} . Temperatura de incubación, 30 °C durante 3-4 días
- Bacterias: Agar nutriente, dilución 10^{-6} . Temperatura de incubación, 30 °C por 24 horas
- Lactobacillus: Se utilizó agua peptonada (0,1 %) hasta 10^{-9} Posteriormente se inocularon 0,5 mL en la superficie de agar MRS la dilución 10^{-9} con doble capa de agar. Incubación en estufa (TermoScientific) a 37 °C durante 24 horas

En la Tabla 1 se resumen los principales componentes microbianos determinados del inóculo estudiado. Al mismo tiempo, aparece un grupo importante de microorganismos desintegradores de la materia orgánica del suelo, que a su vez son capaces de producir productos bioactivos estimuladores del crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Los tratamientos estudiados fueron:

- T1 - Control
- T2 - Aplicación del biopreparado a base de microorganismos nativos (ME) en dosis de 4 mL m⁻²
- T3 - Aplicación del biopreparado a base de microorganismos nativos (ME) en dosis de 8 mL m⁻²
- T4 - Aplicación del biopreparado a base de microorganismos nativos (ME) en dosis de 10 mL m⁻²

Tabla 1. Composición microbiológica del inóculo

Actinomicetos X10 ⁻⁴ UFC mL ⁻¹	Levaduras X10 ⁻⁴ UFC mL ⁻¹	Hongos X10 ⁻⁴ UFC mL ⁻¹	Bacterias X10 ⁻⁴ UFC mL ⁻¹	Lactobacillus X10 ⁻⁹ UFC mL ⁻¹
26 x 10 ⁴	98 x 10 ⁴	7 x 10 ⁴	17 x 10 ⁴	20 x 10 ⁹

*UFC – Unidades Formadoras de Esporas

Se estableció la siembra a chorrillo sobre canteros, estableciendo seis hileras por cantero, realizándose posteriormente el raleo para eliminar el exceso de plantas. Se empleó un diseño estadístico bloque al azar con tres réplicas y unidades experimentales de 6,6 m². Las aspersiones del biopreparado fueron realizadas de forma manual a los 20, 40 y 60 días posteriores a la germinación de la semilla, en horas tempranas de la mañana, utilizándose mochila marca Matabi.

En el momento de la cosecha (95 días) se tomaron 30 plantas aleatoriamente en cada parcela experimental determinándose:

- Longitud de la raíz carnosa (cm). Utilizando una regla graduada.
- Diámetro de la raíz carnosa (cm). Empleando pie de rey y realizando la medición en la parte más engrosada de la raíz carnosa.
- Peso de la raíz carnosa (g). Utilizando balanza analítica.
- Rendimiento (kg m⁻²). Cálculo en función de la producción total de raíz carnosa en el área de la parcela.
- Carbohidratos solubles totales (mg mL⁻¹). Se determinó por vía colorimétrica utilizando el método del fenol-ácido sulfúrico (Dubois *et al.*, 1956), empleando D-glucosa como azúcar patrón. Las muestras fueron leídas a una absorbancia de 490 nm.

- Proteínas solubles totales (mg mL⁻¹). Se determinó colorimétricamente, mediante el método descrito por Lowry *et al.* (1951), empleando albúmina de suero bovino (BSA) como patrón. Las mediciones fueron realizadas en un espectrofotómetro UV/VIS Ultrospec 2000 (*Pharmacia Biotech*, Suecia).
- Azúcares reductores (mg mL⁻¹). Se determinó por el método del ácido dinitrosalisílico, con D-glucosa (Sigma) como azúcar patrón. La absorbancia se midió a una longitud de onda de 456 nm.

Los datos compilados fueron procesados mediante un análisis de varianza, clasificación simple, aplicándose la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan, a fin de comprobar el nivel de significación para $p \leq 0,05$ utilizando el paquete estadístico STATGRAPHICS, versión 5.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presenta la longitud de la raíz carnosa (cm) en respuesta a la aplicación del biopreparado a base de microorganismos nativos (ME), las medias obtenidas oscilaron entre 17,1 cm y 17,9 cm, lo cual evidencia una similitud entre los tratamientos objeto de estudio.

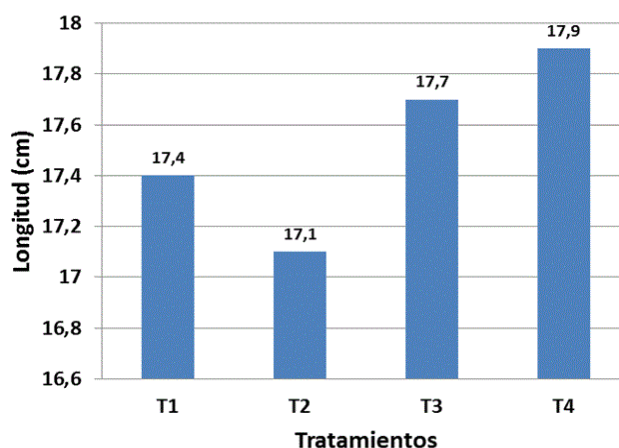


Figura 1. Longitud de la raíz carnosa (cm) en respuesta a la aplicación de microorganismos nativos

El diámetro de la raíz carnosa en respuesta a la aplicación del biopreparado de microorganismos nativos (ME) muestra que fue superior en el tratamiento con 10 mL m⁻² (4,59 cm), lo cual se considera que esté relacionado con el efecto del biopreparado aplicado (Figura 2). Florez y Jiménez (2007), obtuvieron resultados similares al reportar un estímulo del crecimiento y desarrollo de plantas de zanahoria con la aplicación de 10 L ha⁻¹ de microorganismos eficientes sobre un suelo laborado durante diez años; mientras

Arias (2010) afirma que entre los efectos de los microorganismos eficientes se encuentra el promover la germinación, la floración, el desarrollo de los frutos y la reproducción de las plantas.

Similares resultados se presentan en el comportamiento del peso promedio de la raíz carnosa (Figura 3), donde el tratamiento 10 mL m⁻² manifestó el mayor peso con 224,4 g, mostrando diferencias significativas respecto al resto de los tratamientos.

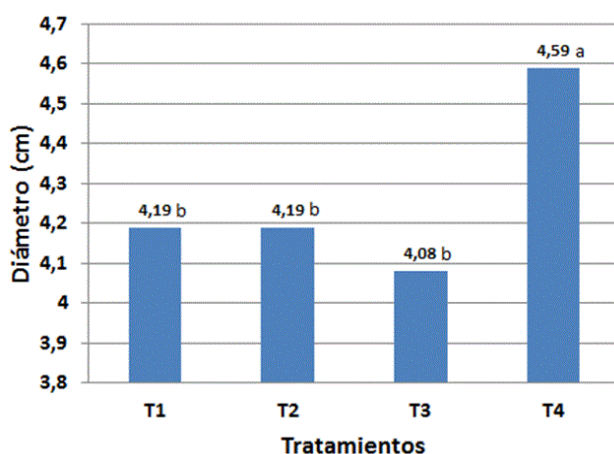


Figura 2. Diámetro de la raíz carnosa (cm) en respuesta a la aplicación de ME
Medias con letras diferentes, difieren significativamente para p≤0,05

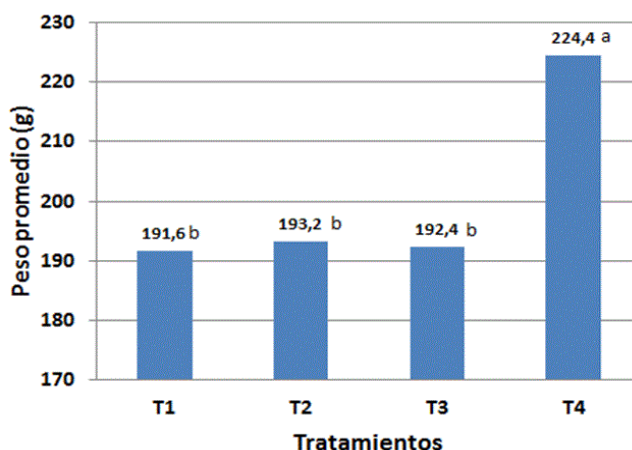


Figura 3. Peso promedio de la raíz carnosa del cultivo
Medias con letras diferentes, difieren significativamente para p≤0,05

La Figura 4 muestra la respuesta del rendimiento a la aplicación del biopreparado de microorganismos nativos (ME), el mayor rendimiento (4,38 kg m⁻²) fue logrado por el tratamiento donde se aplicó 10 mL m⁻², difiriendo estadísticamente del resto de los tratamientos; mientras los tratamientos en que fue aplicado el

biopreparado a dosis de 4 y 8 mL m⁻² no difieren entre sí, pero sí del tratamiento control, donde se obtuvo el menor rendimiento. Estos resultados pueden estar relacionados con el incremento de la eficiencia de los microorganismos nativos (ME) constituidos por Actinomicetos, Levaduras, Hongos, Bacterias y Lactobacillus, que restableció

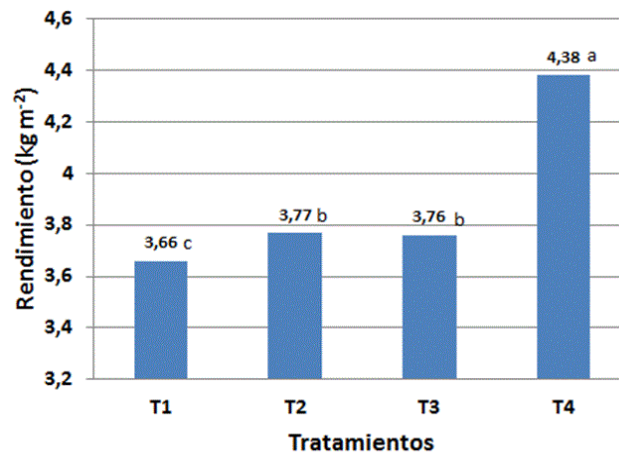


Figura 4. Rendimiento del cultivo de la zanahoria

Medias con letras diferentes, difieren significativamente para $p \leq 0,05$

el equilibrio microbiológico del sustrato del organopónico, mejorando las condiciones físicas, químicas y biológicas del mismo, lo que permitió incrementar el rendimiento del cultivo.

Los microorganismos eficientes son descritos como los inoculantes microbianos, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementando la producción de los cultivos. Además, Arismendi (2010) reporta un mayor peso de la cabeza en el cultivo de la lechuga, variedad Great Lakes 659, con la aplicación de microorganismos eficientes y que el uso de microorganismos aplicados como alternativa en el desarrollo de los cultivos, podría ser una estrategia válida para alcanzar condiciones de suficiencia nutricional, mientras se implementan esquemas de fertilización que permitan aumentar la disponibilidad de estos nutrientes en los suelos.

En la agricultura, el uso de los microorganismos está enfocado al mejoramiento de la calidad del suelo, posibilitando tener una microflora equilibrada con la mayoría de microorganismos benéficos y, como consecuencia, las plantas al tener un ambiente propicio podrán incrementar la resistencia a enfermedades e inclusive mejorar el rendimiento y calidad de los productos resultantes del cultivo, lo que encierra que tengan una mejor apariencia, valor nutricional, sabor, o una vida más larga.

El contenido de carbohidratos solubles totales (Figura 5) alcanzó las mayores concentraciones en los tratamientos donde fue aplicado el biopreparado de microorganismos nativos (ME), sin existir diferencias estadísticas significativas entre los mismos, pero sí entre estos y el control.

La Figura 6 muestra los contenidos de azúcares reductores, donde se aprecia que el tratamiento con 10 mL m⁻² de EM supera los demás tratamientos evaluados. Taiz y Sieguer (2006) señalan que los azúcares se consideran sustancias muy esenciales para el crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas, ya que constituyen la materia prima de la síntesis de compuestos importantes y representan la fuente principal de energía metabólica para la realización de todos los procesos biológicos.

Silva (2009), manifiesta que los microorganismos eficientes pueden aumentar la capacidad fotosintética de los cultivos, lo cual puede estar relacionado con el incremento de las concentraciones de carbohidratos solubles totales y azúcares reductores.

Al analizar los resultados alcanzados en las proteínas solubles totales (Figura 7) se aprecia que la mayor dosis del biopreparado supera significativamente al resto de los tratamientos. Puede observarse que el tratamiento control y la aplicación de la menor dosis de biopreparado a base de ME se comportaron relativamente iguales, sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos.

Estos resultados pueden estar asociados con el incremento en los niveles de proteínas solubles totales, ya que una mayor concentración de azúcares totales y solubles implica un aumento en la disponibilidad de sustratos respiratorios (azúcares) para el proceso de respiración celular; el cual incrementa el nivel energético de los tejidos y al mismo tiempo, se generan esqueletos carbonados durante la glucólisis y el ciclo de Krebs que son utilizados en la síntesis de aminoácidos (Taiz y Seiger, 2006).

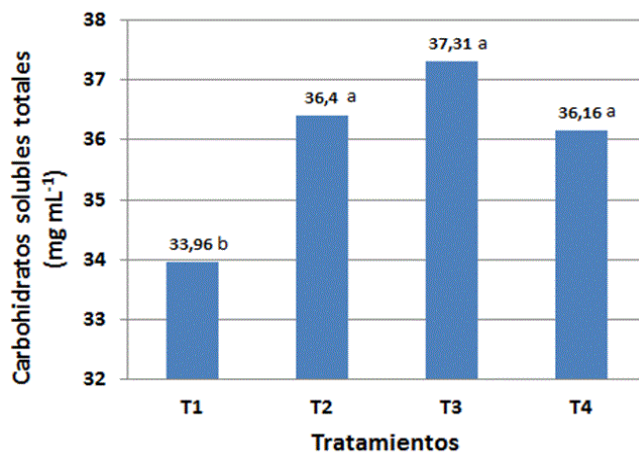


Figura 5. Carbohidratos solubles totales

Medias con letras diferentes, difieren significativamente para $p \leq 0,05$

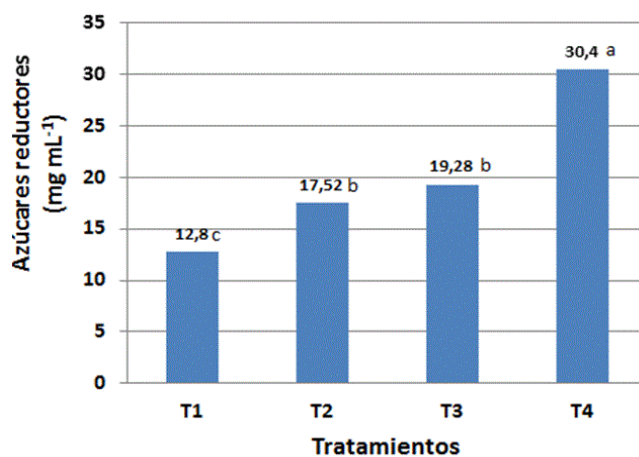


Figura 6. Azúcares reductores

Medias con letras diferentes, difieren significativamente para $p \leq 0,05$

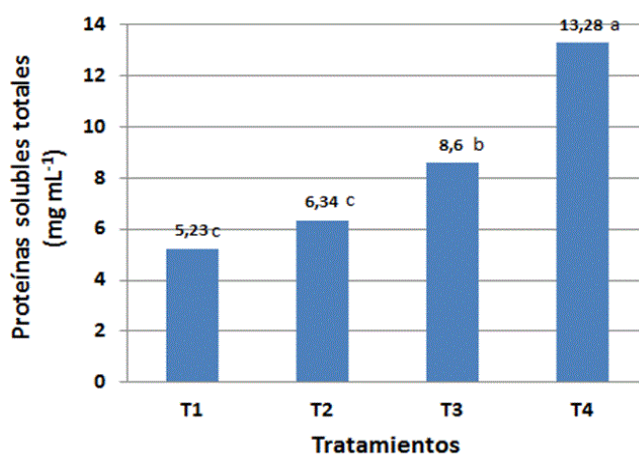


Figura 7. Proteínas solubles totales

Medias con letras diferentes, difieren significativamente para $p \leq 0,05$

CONCLUSIONES

El biopreparado a base de microorganismos nativos ejerce un efecto positivo sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo de la zanahoria, destacándose la dosis de 10 mL m⁻², con un incremento del rendimiento de 0,72 kg m⁻².

La aplicación del biopreparado a dosis de 8 y 10 mL m⁻² muestra los valores más elevados en las determinaciones bioquímicas realizadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, A. Microorganismos Eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 2 (02): 42-45, 2010.
- Arismendi, E. Microorganismos Eficientes, ¿fórmula mágica? 2010. En sitio web: http://www.rapaluruquay.org/organicos/articulos/microorganismos_eficientes.html. Consultado el 9/10/2015.
- Di Barbaro, G., S. Nieva y F. Seleme. Evaluación del efecto de *Azospirillum brasilensis* en la germinación y emergencia del cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). *Biología en agronomía*, 2 (2): 16-25, 2012.
- Dubois, M.K., A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers, F. Smith. Colorimetric method for determination of sugars and related substance. *Anal. Chem.*, 28: 350-356, 1956.
- Florez, G.D. y C.H. Jiménez. Efecto de los microorganismos eficientes sobre las características del suelo y su incidencia en el desarrollo de zanahoria (*Daucus carota* L.) en un andisol. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 2007, 28 p.
- Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr, R. Randall. Protein measurement the Folinphenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193: 265-275, 1951.
- Restrepo, J. Abonos orgánicos fermentados experiencias de agricultores en Centroamérica y Brasil. 2010. En sitio web: <http://bocashi.files.wordpress.com/2010/10/abonosorganicosfermentados.pdf>. Consultado el 16/09/2015.
- Stanier, R. Microbiología. Editorial Revert. 2 ed. Barcelona, España. 1996, 750 p.
- Silva, M. Microbiología General. 2009. En sitio web: <http://microbiologia-general.blogspot.com/2009/05/microorganismoseficientes.html>. Consultado 27/09/2015.
- Taiz, L. and Zeiger, E. Plant Physiology. 4th Ed Sinauer Associates, Inc, Sunderland, Reino Unido. 2006, 700 p. ISBN-10: 0878938567.
- Pernasetti, S. y G. Di Bárbaro. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal como biofertilizantes. *Biología en Agronomía*, 2 (2): 119-128, 2012.

Recibido el 7 de enero de 2016 y aceptado el 11 de febrero de 2017