

## Evaluación de sustratos para la producción de hongos comestibles

### Evaluation of substrata for the production of eatable mushrooms

<sup>1</sup>Talhita Benitez Pardillo<sup>a</sup>, <sup>1</sup>Mario Fleitas Díaz<sup>b</sup>, <sup>2</sup>Liliana Batista Pérez<sup>c</sup>, <sup>2</sup>Liuba Plana Pérez<sup>a</sup>

#### RESUMEN

Ante la ausencia de investigaciones acerca del cultivo de hongos comestibles en la provincia de Camagüey se realizó un estudio con el objetivo de evaluar el comportamiento y desarrollo de *Pleurotus ostreatus* sobre un grupo de residuos agrícolas. El trabajo se dividió en tres etapas: fermentación, inoculación y producción. Se evaluó el tiempo de fermentación de los sustratos, el comportamiento de los mismos respecto al porcentaje de inoculación y se estudiaron las diferencias entre los tratamientos 1 - 4 y 2 - 3. En la etapa de producción no se obtuvieron resultados positivos (no se desarrollaron los cuerpos fructíferos), el % de humedad fue desfavorable para el desarrollo del *Pleurotus ostreatus*. El tiempo de duración del proceso de fermentación de los cuatro sustratos evaluados fue de 14 días, a una temperatura media de 30 °C y 50 % de humedad. Al terminar el período de colonización, se obtuvieron 18 bolsas colonizadas, una con posible contaminación y una con nulo crecimiento.

**Palabras clave:** Evaluación, hongos comestibles, *Pleurotus ostreatus*, sustratos.

#### ABSTRACT

In the face of the absence of investigations about the cultivation of eatable mushrooms in the Camagüey city, we was carried out a study with the objective of evaluating the behavior and development of *Pleurotus ostreatus* starting from a group of agricultural residuals. The work was divided in three stages: fermentation, inoculation and production. The time of fermentation of the substrata, the behavior of the same ones regarding the inoculation percent was evaluated and the differences were studied among the treatments 1 - 4 and 2 - 3. In the production stage positive results were not obtained (the fruitful bodies were not developed), the % of humidity was unfavorable for the development of the *Pleurotus ostreatus*. The time of duration of the process of fermentation of the four evaluated substrates is of 14 days, to a half temperature of 30 °C and 50 % of humidity. When finishing the period of colonization, 18 colonized bags were obtained, one with possible contamination and one with null growth.

**Keywords:** Evaluation, eatable mushrooms, *Pleurotus ostreatus*, substrate.

<sup>1</sup>Universidad de Camagüey, Cuba.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. INIFAT. Cuba.

<sup>a</sup>Lic. en Ciencias Farmacéuticas <sup>b</sup>Ing. Agrónomo <sup>c</sup>Lic. Ciencias Alimentarias

## INTRODUCCIÓN

Los hongos son organismos saprobios con alimentación por adsorción, que conforman un reino con capacidad para degradar los compuestos carbonados lo cual les posibilita colonizar y vivir de desechos de plantas cultivadas (Castañeda, 2006).

Las setas se han utilizado durante miles de años como alimento y para fines medicinales. Sus primeros indicios aparecen en un escrito védico del 1 200 antes de nuestra era; los antiguos griegos sentaron las bases para el cultivo de lo que conocemos como champiñón, mientras los romanos y otras culturas los utilizaron como veneno y los aztecas en ritos mágicos y religiosos (Figuerola, 2004).

Si bien hay más de 14.000 setas, sólo unos 3.000 son comestibles, unos 700 han conocido las propiedades medicinales y menos de uno por ciento son reconocidos como tóxicos (Craig, 2010).

Los hongos aportan vitamina C, D, provitamina A, niacina, ácido fólico, ácido pantoténico y vitaminas del complejo B (B2, B3). En cuanto a minerales, cabe destacar el aporte de selenio, calcio, magnesio, fósforo, calcio, yodo, potasio y zinc.

Además de alimento, los hongos poseen un gran potencial medicinal. Son estimulantes de la actividad cerebral, nerviosa y también eficaz contra la anemia, entre otros. La ingestión periódica reduce el nivel de colesterol en la sangre y consecuentemente la hipertensión arterial (Pérez, 2009).

A pesar de los conocidos beneficios que generan este hongo comestible, se considera necesario estudiarlo bajo las condiciones ambientales de Camagüey, por lo que el objetivo del trabajo se centra en evaluar el comportamiento y desarrollo de *Pleurotus ostreatus* a partir de cuatro sustratos en la Universidad de Camagüey.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la provincia Camagüey, ubicada en la región centro-oriental del país (Cuba) utilizando áreas de la Universidad de Camagüey (en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y la Facultad de Química).

## Materias primas para los sustratos

Se emplearon hojas secas de plátano (*Musa sp.*), hojas secas de caña (*Sacharum officinarum*) y el residuo de corte de un césped (*Aristida refracta Gris*) recogida en zonas alcañas a la universidad.

## Fuente de inóculo:

Se utilizó la cepa del hongo comestible 0135 de *Pleurotus ostreatus* donada por el cepario de hongos del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT), donde se encuentra su registro oficial.

Tabla 1. Tratamientos y sustratos utilizados en el experimento

Tratamientos	Sustrato	Nombre científico
T I	Hojas de secas de Plátano	<i>Musa sp.</i>
T II	Hojas de secas de Caña	<i>Saccharum officinarum</i>
T III	Mezcla de los tratamientos I y II (50 % w/w)	<i>Musa sp.</i> + <i>Saccharum officinarum</i>
T IV	Resto de la poda de césped	<i>Aristida refracta Gris</i>

## Metodología para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*

Se realizó el experimento tomando como guía el manual de instrucciones técnicas “El cultivo artesanal de hongos comestibles” (Castañeda, 2006).

Para la mejor interpretación y procesamiento de los resultados, se dividió el estudio en tres etapas:

- **ETAPA I:** fermentación, que incluye preparación del sustrato. (Ver figuras 1, 2, 3 y 4).



Figura 1. Cántaras de hidratación



Figura 2. Sustrato hidratado





Figura 3. Sacos con los sustratos.



Figura 4. Substrato en fermentación.

- **ETAPA II:** inoculación, que incluye esterilización e inoculación.



Figura 5. Bolsas inoculadas.



Figura 6. Bolsas tapadas para el proceso de colonización.

- **ETAPA III:** incubación y producción, que comprende la etapa final de fructificación de los cuerpos.



Figura 7. Bolsas en la etapa de cosecha.

**Materiales y equipos de laboratorio utilizados en el estudio:**

- Cántaras.
- Sacos de nylon (amarillos)
- Estantes
- Alambre
- Nylon negro
- Algodón
- Gasa
- Bolsas transparentes
- Cubos
- Mechero
- Espátula
- Ladrillos
- Termohigrómetro
- Termómetro
- Balanza analítica
- Autoclave
- Bandejas
- Tijera

**Diseño experimental:**

Para diferenciar en que sustrato el hongo coloniza con mayor eficiencia, se realizó un diseño experimental de tipo: Multi nivel categórico utilizando como variable dependiente el por ciento de colonización.

**Análisis estadístico de los resultados**

Para el análisis estadístico de los resultados, se trabajó con el programa Statgraphics Centurion versión XV. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y determinado el grado de significación estadística al 5 %, por la dócima de rangos múltiples de Tukey, también se realizaron diagramas de control para la temperatura y la humedad en la etapa II y III. Para analizar el porcentaje de colonización al cuarto y octavo día se utilizó el programa Microsoft Excel versión 7.0.

**RESULTADOS:****Etapa I**

Se comprobó a las 24 horas la correcta hidratación de los sustratos como paso previo a la fermentación, se logró incorporar la humedad necesaria en cada sustrato corroborando lo planteado por (Castañeda, 2006), quien define una total hidratación para estos tipos de sustratos en este tiempo.

En nuestro experimento se logró la transformación de los sustratos en la primera etapa a los 14 días, este resultado nos conduce a pensar que al no encontrarse en el rango citado por estos autores se alargó este proceso. (Ver Tabla 2)

**Tabla 2. Temperatura interna de los sustratos evaluados.**

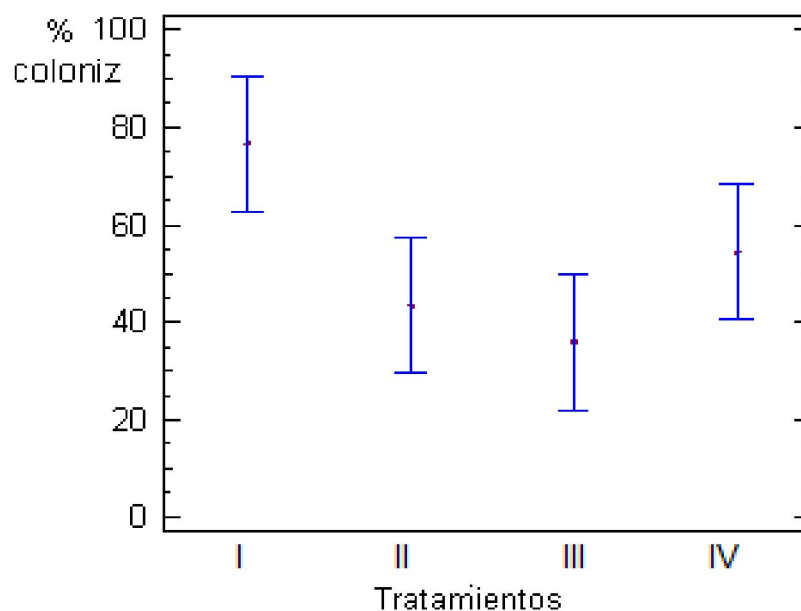
Substratos	Temp. interna (°C)	Temp media (°C)
T I	26-37	31.5
T II	28-35	31.5
T III	28-40	34
T IV	27-37	32

Al evaluar el comportamiento de la humedad relativa (%) durante los días que ocurrió la etapa I (fermentación) se observó una manifestación entre el 22 % y 52 %, encontrándose valores de temperatura ambiental entre 31 °C y 45 °C ambas incluyendo las diferentes horas del día.

**Etapa II**

Durante la incubación se produjo la colonización del sustrato y ocurrió el crecimiento del micelio en un período de 7-10 días, siendo favorecido este proceso por la oscuridad, la cual se logró tapando las bolsas con nylon de polietileno.

En el proceso de colonización se observaron buenos resultados y los más significativos son en el tratamiento I (*Musa sp*) como se muestra en la siguiente figura.



La figura 9 muestra la colonización (%) de los cuatro tratamientos en el cuarto y octavo día se refleja su comportamiento demostrando que al pasar los días el inóculo fue colonizando progresivamente el sustrato.

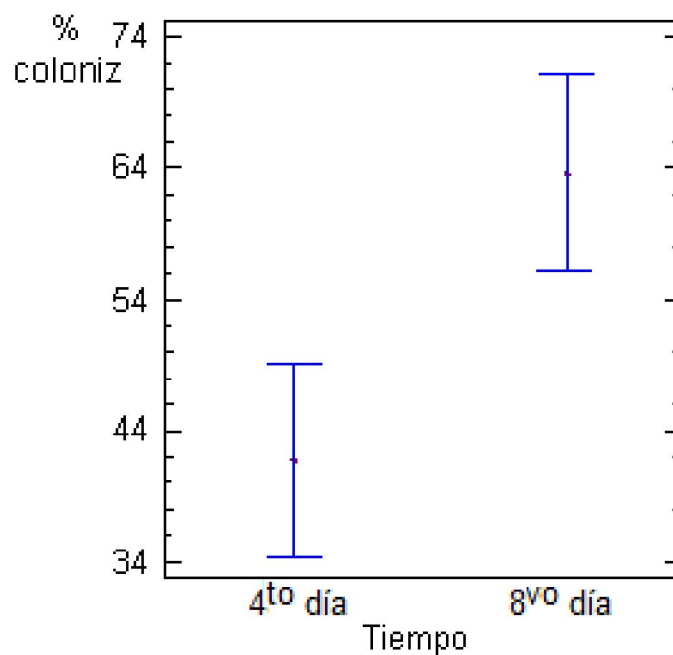


Figura 9. Colonización al cuarto y octavo día (%).

Al analizar la interacción entre tratamientos para la colonización al cuarto y octavo día el tratamiento I manifiesta un mejor comportamiento y difiere del resto de los tratamientos. Ver figura 10.

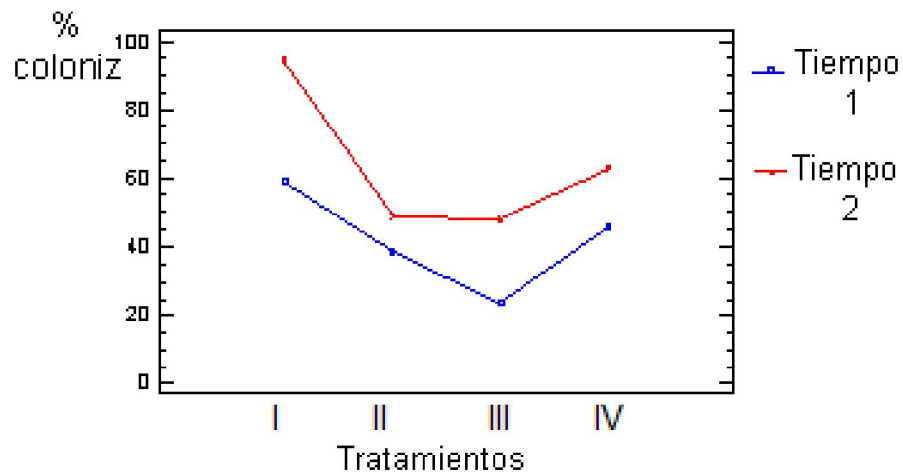


Figura 10. Interacción tratamientos en los tiempos al cuarto y octavo día.

Los datos de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) se encuentran dentro de los valores establecidos para esta etapa (T 25 -30 $^{\circ}\text{C}$ ).

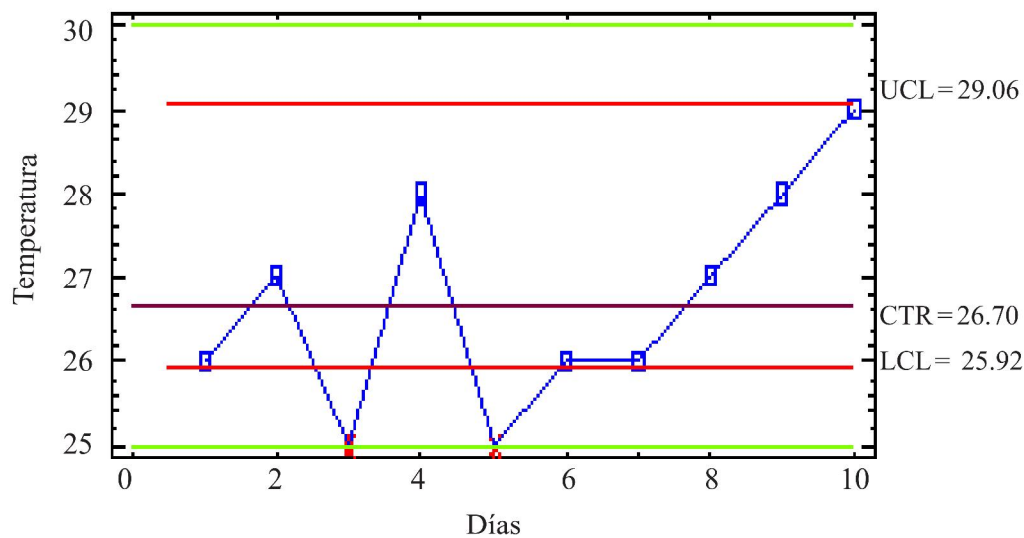


Figura 11. Temperatura ambiental en la incubación ( $^{\circ}\text{C}$ )



La figura 12 muestra la humedad en la etapa de incubación, se aprecia una variabilidad al controlar los valores durante los 10 días de colonización ya que la misma debe estar entre 85 – 90 % y aquí se evidencia como hubo días que no se acercaba al valor mínimo de humedad.

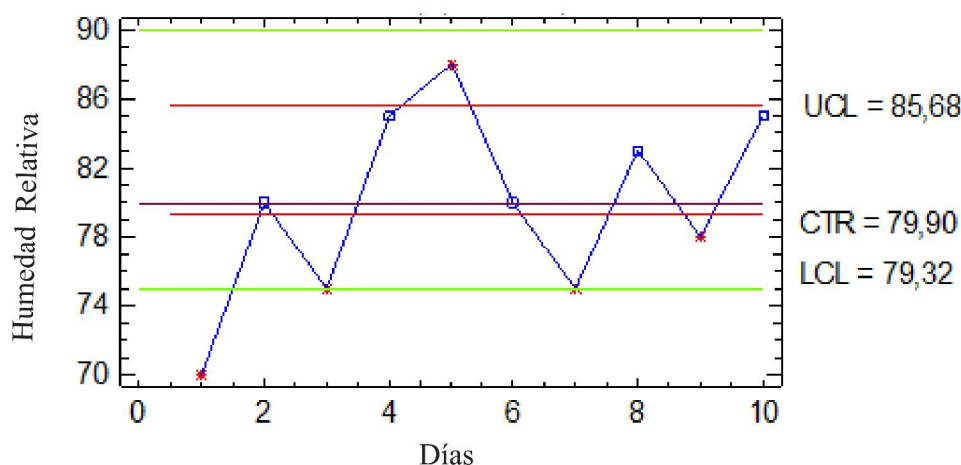


Figura 12. Humedad ambiental en la etapa de incubación (%)

### Etapa III

En la etapa de cosecha con las bolsas colgadas a una distancia de 20 cm se evitaron contaminaciones y se observó que sometidas al ciclo de iluminación difusa y oscuridad se estimuló la formación de primordios y cuerpos fructíferos o basidiomas. En los lugares de la bolsa donde se observaron primordios o puntos donde el micelio es más denso se abrieron hoyos por donde salieron escasos basidiomas.

### DISCUSIÓN

Coincidimos con Bernard (1992), quien advierte que la temperatura es la variable cuyo control en una fermentación sólida, se considera el más crítico parámetro debido a la alta concentración de sustrato por unidad de volumen y a la baja conductividad térmica del sistema heterogéneo sólido - líquido - gas, lo que favorece la acumulación del calor metabólico en el sistema.

Por su parte Castañeda (2006) y Romero (2001), han planteado que la temperatura en la masa debe oscilar entre 40 y 63 °C, pudiendo llegar hasta 65 °C por la acción de microorganismos, en nuestro caso,

el valor medio de temperatura se comportó por debajo del límite inferior del rango establecido por estos autores.

El proceso de fermentación de los sustratos facilitó la degradación de la celulosa presente en los mismos y se lograron compuestos carbonados menos complejos y asimilables para el hongo, como la hemicelulosa, celobiosa, glucosa y otros nutrientes. Esta observación analizada por Castañeda (2006), pudimos constatarla en el estudio y al finalizar la etapa se observó la transformación de los sustratos, evidenciado por el cambio de coloración en cada uno, de color pardo claro a pardo oscuro.

Varios autores han trabajado con diferentes sustratos, refieren al plátano como el ideal. El tratamiento I respecto a los cambios que experimentó no difiere del resto de los tratamientos durante la primera etapa y culminó a los 10 días y el final de la colonización se evidenció cuando el sustrato estuvo completamente blanco. Al observar la figura 8: Colonización por tratamientos, observamos que el tratamiento I difiere estadísticamente de los tratamientos II y III,

autor le señala al *P. ostreatus* la capacidad de degradar materiales lignocelulósicos, entre los cuales están residuos forestales, agrícolas y en particular cañeros, sin embargo en nuestro trabajo los mejores resultados se obtienen con el sustrato proveniente del plátano (*Musa sp*).

En la figura 9, se observa la colonización al cuarto y octavo día; de forma general se aprecian diferencias significativas entre estos dos tiempos. La influencia de los factores: "temperatura y humedad" inciden positivamente en la etapa de colonización. Al dividir las bolsas en cuatro se pudo comprobar que el sustrato que más colonizado estaba era el de la hoja de plátano al cuarto y al octavo día, esto se debe a que el plátano es el sustrato que más material lignocelulósico posee.

Sargantanis (1993), se refiere a métodos no convencionales y a la utilización del calor latente de vaporización del agua para eliminar el calor metabólico de manera rápida y efectiva, en nuestro estudio, la temperatura fue controlada en combinación con la humedad, aprovechando el agua para disminuir la temperatura presente en la atmósfera del laboratorio.

Con este gráfico se puede comprobar que la temperatura se mantuvo en este período de tiempo dentro de los límites establecidos por la literatura, esto favoreció a que el inóculo colonizara el sustrato correctamente.

Por su parte, autores como Bernard (1992), reseñan la temperatura como la más crítica variable de control en la etapa de incubación, estamos de acuerdo con estos autores y consideramos que los resultados se obtienen dentro de los parámetros correctos de esta variable.

También hemos coincidido con Troller (1980) y Gervais (1988), ya que el valor mínimo requerido de H<sub>2</sub>O para la formación del producto difiere del necesario para satisfacer las demandas en la etapa del crecimiento. En el estudio es imprescindible la actividad que ejerce el agua, Oriol *et al.* (1988), definieron como la humedad relativa de la atmósfera gaseosa en equilibrio con el sustrato viene definida por las propiedades del agua presente en el sistema.

En nuestro caso este aporte de humedad realizado por el agua, ayudó en el equilibrio de la temperatura pero

fue insuficiente sobre el crecimiento y la formación de los productos ya que en la etapa de producción no se obtuvieron los cuerpos fructíferos porque los parámetros de humedad no se encontraron dentro de los límites establecidos corroborando la importancia que posee mantener un adecuado nivel de humedad para los hongos.

## CONCLUSIONES

- Con valores de temperatura media de 30 °C y 50 % de humedad los cuatro sustratos evaluados en el estudio terminaron el proceso de fermentación a los 14 días.
- El índice de colonización de cada sustrato varió evidenciando una mejor colonización el tratamiento I.
- Al terminar el período de colonización de los sustratos se obtuvieron 18 bolsas colonizadas, una con posible contaminación y una con nulo crecimiento.
- En la etapa de producción no se obtuvieron los cuerpos fructíferos porque los parámetros de humedad no mantuvieron los límites establecidos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernard, A. (1992). *Environmental Parameters. In Solid Substrate Cultivation*. (1 ed.). N. York: Elsevier Applied Science.
- Castañeda, R. (2006). *El cultivo artesanal de hongos comestibles*. (1 ed. Vol. 1(1)). La Habana: INIFAT.
- Craig, W. (2010). Beneficios para la salud de las Setas [en línea] Retrieved 4 de enero de 2010, from <http://www.vegetarian-nutrition.info/updates/mighty-mushrooms.php>
- Chang, S., & Hayes, W. (1978). *Cultivation of Pleurotus* (1 ed.). Nueva York.: Academic Press.
- Figueroa, W. (2004). Hongos comestibles. from <http://www.granma.cubaweb.cu/secciones/ciencia/ciencia229.htm>



- Gervais, P. (1988). *Influence of the Water Activity of a Solid Substrate on the Growth rate and sporogenesis of filamentous fungi* (1 ed.). Madrid: Biotechn. Bioeng.
- Mansur, M. (1991). *Sobre los derivados de la caña de azúcar* (1 ed.). Habana: ICIDCA.
- Oriol, E., Raimbault, M., Roussos, S., & Viniegra, G. (1988). *Water and water activity in the solid state fermentation of cassava starch by Aspergillus niger*. (2 ed.). México: ATREDA.
- Pacioni, G. (1995). *Cultivo del Champiñón*. Barcelona: De Vecchi.
- Pérez, G. (2009). Los hongos y sus propiedades nutricionales[en línea]. Retrieved 5 de marzo de 2010, from <http://www.dietas.com/articulos/los-hongos-y-sus-propiedades-nutricionales.asp>
- Romero, A. P., M. (2001). *Pleurotus ostreatus*. Importancia y tecnología de cultivo[en línea]. Retrieved 3 de abril de 2010, from <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/revistas/index/assoc/HASH9944/72cca056.dir/doc.pdf>
- Sargantanis, J. (1993). Effect of operating conditions on solid substrate fermentation[en línea]. Retrieved 18 de marzo de 2010, from <http://www.wikipedia.com>
- Troller, J. (1980). *Influence of water activity on microorganisms in foods* (2 ed.). México: Biology.

**CORRESPONDENCIA:**

Talhita Benítez Pardillo

Dirección particular: Calle 8, Número 132 a, entre 7 y 9.  
reparto Vista Hermosa, Camagüey, Cuba. CP. 70100.  
[talhita.benitez@reduc.edu.cu](mailto:talhita.benitez@reduc.edu.cu)