

## **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN MICROBIANA DEL AIRE EN EL ASERRADERO LIBERTAD, EMPRESA AGROFORESTAL LAS TUNAS**

### **EVALUATION OF THE MICROBIAL CONCENTRATION OF THE AIR IN THE SAWMILL FREEDOM, AGROFORESTAL COMPANY LAS TUNAS**

LIC. CLAUDIA M. TORRES-FERNÁNDEZ, DR. JUAN M. GARCÍA-DELGADO, TÈC. CLAUDIA DE LA C. GALÁN-VALENZUELA  
Y TÈC. NATIVIDAD TRIGUERO-ISSASI

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF). UCTB de Investigación e Innovación Tecnológica. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba, teléf.: 7208 2554, fax: 7208 21 89, claudiam@forestales.co.cu

#### **RESUMEN**

*La implementación de la producción más limpia en la industria de la madera permite soluciones prácticas encaminadas a la elevación del desempeño ambiental y económico de una empresa. Debido a que son incipientes los estudios realizados en este tipo de ambientes sobre la calidad microbiológica del aire, los objetivos de este trabajo fueron cuantificar en unidades formadoras de colonias por metro cúbico la microbiota del aire en el aserradero Libertad perteneciente a la Empresa Agroforestal Las Tunas y evaluar los niveles de contaminación microbiológica del mismo. En el análisis microbiano del aire se empleó el método de sedimentación gravimétrico. Según los valores obtenidos, fueron clasificados los locales como contaminados para el caso de los hongos y no contaminado para la actividad bacteriana.*

**Palabras claves:** producción más limpia, contaminación microbiana, patogenias, biodeterioro.

#### **ABSTRACT**

*The implementation of Clean Production + in the wood industry, allows to practical solutions aimed at raising the environmental and economic performance of a company. Because the studies carried out in these types of environments on the microbiological quality of the air are insipient, the objectives of this work were: To quantify in colony forming units per cubic meter, the air microbiota in the "Libertad" sawmill belonging to the Las Tunas Agroforestry Company and evaluate the levels of microbiological contamination of the same. In the microbial analysis of the air, the gravimetric sedimentation method was used. According to the values obtained, the premises were classified as contaminated for the case of fungi and not contaminated for bacterial activity.*

**Key words:** cleaner production, microbial contamination, pathogenesis, biodeterioration.

#### **INTRODUCCIÓN**

El Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF) inició en 2017 estudios relacionados con la producción más limpia en la industria de la madera mediante la elaboración de una metodología, la cual va dirigida a diagnosticar, cuantificar y favorecer soluciones prácticas encaminadas a evitar la generación de residuos y mejorar la calidad del aire y a disminuir el consumo de materias primas, materiales auxi-

liares, agua y energía para contribuir así a la elevación del desempeño ambiental y económico de una empresa.

En el marco de la implementación de esta metodología, en ese propio año se realiza una investigación en la carpintería anexa al aserradero Libertad, perteneciente a la Empresa Agroforestal Las Tunas, cuyos principales resultados fueron desde el punto de vista organizacional,

y aseguran una reducción de los costos de producción de elementos del módulo apícola en un 26 % en CUP y un 4 % en CUC. Continuando con la línea de trabajo iniciada en P + L en la propia empresa, en la presente investigación se trata de evaluar la contaminación microbiana del aire (García, 2017).

La atmósfera se caracteriza por presentar gran intensidad de luz, variaciones extremas de temperatura, concentraciones bajas de materia orgánica y escasez de agua, por lo que es un ambiente hostil para los microorganismos y generalmente no es un hábitat adecuado para su crecimiento (Nugari, 2001).

Sin embargo, numerosos microorganismos son encontrados en las porciones más bajas de la atmósfera. Estos no pueden crecer en ella, pero representan poblaciones alóctonas transportadas por la atmósfera a partir de hábitats acuáticos y terrestres (Florian, 2003). Muchas especies representantes de varios grupos de bacterias, hongos y protozoarios han sido aisladas del aire, ya que generalmente se han introducido por la actividad antropogénica (Borrego, 2010).

Los microorganismos pueden ser transportados por las partículas de polvo presentes en el aire exterior, hacia el interior de los locales, a través de la ventilación y las personas (Borrego, 2008). La colonización y el crecimiento sobre la superficie de los objetos también pueden ser una importante fuente de contaminación del aire interior (Bogomolova, 2009).

Por otra parte, la madera, por ser un material orgánico, está sometida a distintos tipos de deterioro, los cuales son originados por diferentes causas. Pueden ser de carácter abiótico (daños mecánicos y descomposición por agentes físicos y/o químicos) y de carácter biótico (acción de bacterias, insectos y hongos xilófagos) (Caneva *et al.*, 2000). Sin dudas el biodeterioro es el más importante, tanto para árboles en pie como para productos forestales, lo cual en las condiciones de Cuba se complejiza por sus condiciones climáticas como país tropical, caracterizada por temperaturas promedio de 26 °C y humedad relativa del aire del 85 %. Según Gutarowska (2010), estas condiciones son idóneas para la proliferación de los agentes bióticos, y por consiguiente para el deterioro de la madera, los que se manifiestan como diferentes alteraciones,

tanto desde el punto de vista estético como estructural, y en casos extremos puede significar la desintegración total de la misma.

Dichas alteraciones pueden ser descomposiciones o pudriciones (blanda, parda o cúbica, blanca o destructiva) y manchas superficiales o enmohecimiento, conocido comúnmente como azulado de la madera (Caneva *et al.*, 2000).

El incremento de la actividad fúngica se origina por el creciente uso de madera proveniente de plantaciones de rápido crecimiento (Gutiérrez, 2008), caso de que por sus característica dimensionales no se dejen alcanzar la madurez tecnológica.

Por otra parte, se conoce que más del 50 % de las especies fúngicas tienen atributos patogénicos, que pueden afectar la salud de las personas. Se ha reportado presencia de esporas fúngicas inhaladas y depositadas en las vías respiratorias, específicamente en los bronquios, bronquiolos y los pulmones (Calderone, 2002).

La incidencia de estas micosis varía notablemente de unos países a otros y también las especies que las producen. Los hongos dermatofitos pueden clasificarse en especies antropofílicas, zoofílicas y geofílicas, según sea su hábitat preferente: el ser humano, los animales o el suelo. En el ser humano las especies antropofílicas suelen producir cuadros más crónicos que las zoofílicas y geofílicas (Mandell, 2000).



Figura 1. Acumulación de residuos en la carpintería.

La deposición de las esporas fúngicas de *Aspergillus flavus* y *Aspergillus fumigatus* se han reportado que causan enfermedades respiratorias, como alergias, rinitis, asma bronquiales y otras (Peña, 1983).

Según Zapater (1965), además del sistema respiratorio los hongos también pueden causar ocasionalmente enfermedades cutáneas, oculares como candidiasis, dermatitis, etc. En el caso de las afectaciones en la piel, son responsables de micosis superficiales, cutáneas, subcutáneas, profundas o sistémicas. A continuación se describen algunas de ellas:

- *Dermatitis seborreica y caspa (Pitiriasis capitis)*: Áreas de piel enrojecida e inflamada, recubierta de escamas grasientas de color amarillo, generalmente en cuero cabelludo, cara y tórax. Tienen una evolución crónica y recurrente. En los pacientes con sida o síndrome relacionado puede localizarse en las axilas con un cuadro muy florido de diagnóstico complejo.
- *Pitiriasis versicolor*: Es una infección superficial crónica, no irritativa del estrato córneo producida por especies del género *Malassezia*: *M. furfur*, *M. globosa*, *M. obtusa*, *M. restricta*, *M. slooffiae* y *M. sympodialis*.
- *Candidiasis de mucosa gastrointestinal, no esofágica*: Se asocia a procesos malignos y suele presentarse como una úlcera o un grupo de ellas, tanto en mucosa gástrica como en intestino delgado o grueso.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características y dimensiones del área de muestreo

El estudio microbiológico se llevó a cabo en la carpintería del aserradero Libertad, localizado

en la ciudad de Las Tunas, perteneciente a la Empresa Agroforestal del mismo nombre. La carpintería cuenta con un área de 324 m<sup>2</sup> y posee una fuerza de trabajo constituida por 15 obreros de diferentes categorías ocupacionales. La construcción de la nave del taller es de paredes de mampostería y techo de cinc, y en la Fig. 1 se puede apreciar la acumulación de aserrín, trozos de madera de diferentes dimensiones y polvo.

### Muestreo microbiológico ambiental

El muestreo microbiológico ambiental se realizó en el horario comprendido entre las diez de la mañana y las doce del día, y se ejecutó por el método de sedimentación descrito por NR-P 1987 y modificado por Bogomolova (2009). Se utilizaron para el aislamiento de los hongos placas Petri de 90 mm de diámetro con agar papa dextrosa (PDA). Las placas se colocaron expuestas a una altura de un metro sobre el nivel del suelo durante 20 min.

Según las dimensiones del área en cuestión, se muestrearon siete puntos con un diseño en forma de estrella con tres réplicas cada uno (Fig. 2), con el objetivo de lograr la mayor representatividad de la densidad relativa de las unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire (ufc/m<sup>3</sup> aire).

Además de los siete puntos obtenidos de la fórmula, según Fedecai (2007), se decidió muestrear tres puntos más que presentaban gran acumulación de residuos sólidos ubicados cerca de máquinas en funcionamiento y en otras zonas de la nave.

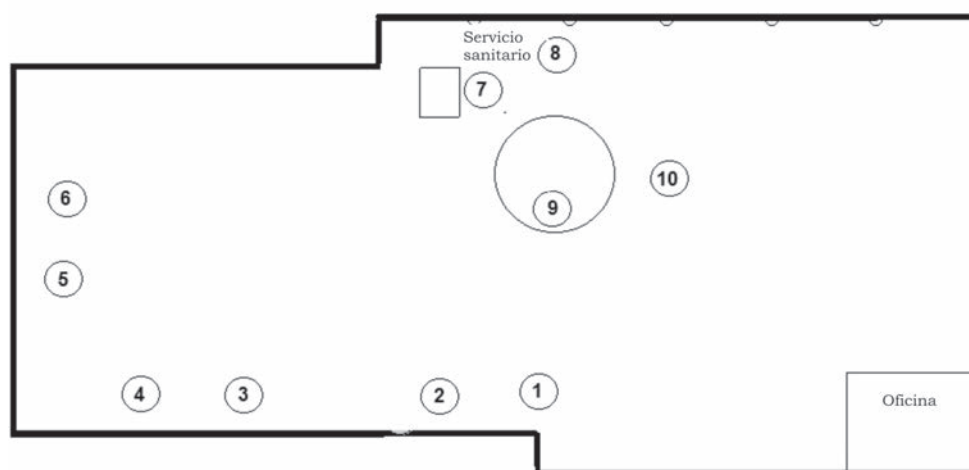


Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo en el área de la carpintería.

El número de puntos a muestrear ( $N_p$ ) se obtiene con la siguiente expresión (Fedecai, 2007):

$$N_p = 0,1 * S^{0,56}$$

donde  $S$  es el área de la nave.

Posteriormente las placas con medio de cultivo PDA se incubaron durante siete días a temperatura ambiente.

### Determinación de las ufc/m<sup>3</sup> aire

El número de ufc/m<sup>3</sup> de aire se obtiene con la siguiente expresión:

$$\text{Número de ufc/m}^3 \text{ aire} = \text{Número de colonias} * K$$

donde el número de colonias equivale a la media total de las colonias que se contabilizaron en la carpintería, y  $K$ , es en este caso, es 90 (diámetro en mm de las placas Petri empleadas en el muestreo).

### Determinación de la concentración microbiana del aire

Se calculó según la siguiente expresión (Bogomolova, 2009):

$$N = ab * 104(bt)^{-1}$$

donde:

$a$ : Número de colonias por punto de muestreo

$b$ : Superficie de la placa (cm<sup>2</sup>)

$t$ : Tiempo de exposición (min)

### Determinación de la densidad relativa o frecuencia de aparición de las ufc/m<sup>3</sup>

Para determinar la densidad relativa ( $DR$ ) se empleó la siguiente expresión (Smith, 1980):

$$DR = \frac{\text{Colonias de todos los géneros o especies}}{\text{Total de colonias de todos los géneros o especies}}$$

### Medición de la temperatura y la humedad relativa en el momento del muestreo microbiológico

Se realizaron las mediciones de ambas variables en cada uno de los puntos muestreados empleando un termómetro e higrómetro convencional, determinando posteriormente su promedio. La temperatura se midió en grados Celsius (°C) y la humedad en porcentaje (%), con un nivel de precisión de ambas variables de  $\pm 1$ .

### Determinación de las categorías y niveles de contaminación

Las *Tablas 1 y 2* muestran las categorías y niveles de contaminación que se tuvieron en cuenta para la clasificación del local una vez finalizado el estudio (NR-201, MINIP, 1987).

**Tabla 1. Categorías de contaminación**

| Categoría de contaminación | ufc/m <sup>3</sup> aire |        | Hongos como ufc/g de polvo |
|----------------------------|-------------------------|--------|----------------------------|
|                            | Bacterias               | Hongos |                            |
| Muy baja                   | < 50                    | < 25   | < 10 000                   |
| Baja                       | <100                    | < 100  | < 20 000                   |
| Intermedia                 | < 500                   | < 500  | < 50 000                   |
| Alta                       | = 2000                  | = 2000 | < 120 000                  |
| Muy alta                   | > 2000                  | > 2000 | < 120 000                  |

**Tabla 2. Grados de contaminación (según NR-201, Minal, 1987)**

| ufc/m <sup>3</sup> aire | Grado de contaminación  |
|-------------------------|-------------------------|
| > 1500                  | Altamente contaminado   |
| 1000-1500               | Contaminado             |
| 750-1000                | Ligeramente contaminado |
| 500-750                 | Poco contaminado        |
| < 500                   | No contaminado          |

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Grado de contaminación microbiana ambiental

El valor alcanzado para hongos ascendió a 1071,85 ufc/m<sup>3</sup> aire. Se observó que para el caso de los hongos la concentración fue de

3,79 ufc/m<sup>3</sup>, lo que significa que por metro cúbico de aire aparecen aproximadamente cuatro colonias fúngicas de géneros diferentes con una densidad relativa o frecuencia de aparición de 64,79 %. Con estos resultados se puede clasificar el aire interior de la carpintería como contaminado (Tabla 3).

**Tabla 3. Unidades formadoras de colonia fúngicas por metro cúbico de aire, densidad relativa, nivel y grado de contaminación**

| Punto de muestreo | ufc/m <sup>3</sup> hongos | Dr (%) | Nivel de contaminación  | T (°C) | HR (%) |
|-------------------|---------------------------|--------|-------------------------|--------|--------|
| 1                 | 1185,84                   | 64,75  | Contaminado             | 26,1   | 62     |
| 2                 | 1176,76                   | 64,75  | Contaminado             | 26,2   | 62     |
| 3                 | 786,67                    | 64,79  | Ligeramente contaminado | 28,3   | 65     |
| 4                 | 1203,98                   | 64,79  | Contaminado             | 27,5   | 63     |
| 5                 | 1189,08                   | 64,79  | Contaminado             | 27,4   | 63     |
| 6                 | 1200,09                   | 64,79  | Contaminado             | 28,2   | 65     |
| 7                 | 1260,36                   | 64,80  | Contaminado             | 27,5   | 62     |
| 8                 | 1178,06                   | 64,79  | Contaminado             | 27,4   | 62     |
| 9                 | 1470,31                   | 64,79  | Contaminado             | 28,3   | 65     |
| 10                | 1167,39                   | 66,72  | Contaminado             | 27,5   | 62     |
| Media             | 1071,85                   | 64,79  | Contaminado             | 27,44  | 63,1   |

Dr: Densidad relativa o frecuencia de aparición

T: Temperatura

HR: Humedad relativa de aire

Como se aprecia en la Tabla 3 y Fig. 3, los mayores valores de la actividad fúngica se ven en el punto 7 y 9, ubicados en el servicio sanitario, y el cuarto

de mantenimiento con 1260 y 1470 ufc/m<sup>3</sup>. Para el caso de este último, a solo 30 ufc/m<sup>3</sup> para haber sido clasificado como altamente contaminado.

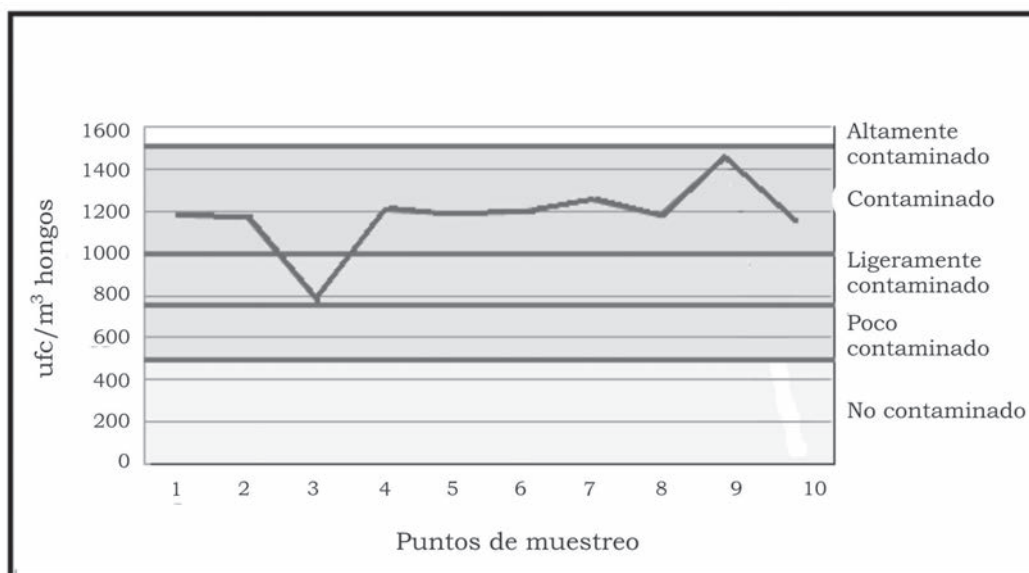


Figura 3. Relación entre el punto de muestreo y la actividad fúngica.

El punto 3 se encuentra en un área que se puede apreciar en la Fig. 1, detrás de los ope-

rarios, cerca de la pared, donde la acumulación de residuos de todo tipo es relativamente poca.

En comparación con el resto de las observaciones realizadas en la nave, los resultados de la actividad fúngica del punto 9 son superiores en aproximadamente un 20 % con respecto al resto. Los resultados de las ufc/m<sup>3</sup> de aire para bacterias y su correspondiente frecuencia de

aparición fueron de 9,39 % y 22,83 %, respectivamente. Pudo constatar que a diferencia del caso anterior (hongos) resultó ser muy baja la densidad relativa, por lo que se clasifica la carpintería como no contaminada (Tabla 4) (NR-201, MINIP, 1987).

**Tabla 4. Unidades formadoras de colonias bacterianas por metro cúbico de aire, densidad relativa, nivel y grado de contaminación**

| Punto de muestreo | ufc/m <sup>3</sup> bacterias | Dr    | Nivel de contaminación | T (°C) | HR (%) | Media |      |
|-------------------|------------------------------|-------|------------------------|--------|--------|-------|------|
|                   |                              |       |                        |        |        | T °C  | HR   |
| 1                 | 25,92                        | 23,87 | No contaminado         | 26,1   | 62     | 27,4  | 63,1 |
| 2                 | 7,77                         | 27,75 | No contaminado         | 26,2   | 62     |       |      |
| 3                 | 15,55                        | 27,75 | No contaminado         | 28,3   | 65     |       |      |
| 4                 | 9,72                         | 27,73 | No contaminado         | 27,5   | 63     |       |      |
| 5                 | 4,53                         | 27,71 | No contaminado         | 27,4   | 63     |       |      |
| 6                 | 7,76                         | 27,75 | No contaminado         | 28,2   | 65     |       |      |
| 7                 | 5,18                         | 27,75 | No contaminado         | 27,5   | 62     |       |      |
| 8                 | 10,36                        | 27,75 | No contaminado         | 27,4   | 62     |       |      |
| 9                 | 5,18                         | 27,75 | No contaminado         | 28,3   | 65     |       |      |
| 10                | 1,94                         | 10,33 | No contaminado         | 27,5   | 62     |       |      |
| Media             | 9,39                         | 22,83 |                        |        |        |       |      |

Dr: Densidad relativa    T: Temperatura    HR: Humedad relativa de aire

En cuanto a la concentración microbiana del aire para hongos, la concentración fue de 87,29 %, y para el caso de las bacterias la concentración fue de 0,7 %. Esto quiere decir que en la car-

pintería perteneciente al aserradero Libertad se presenta contaminación fúngica, en algunos puntos con valores elevados, y ninguna contaminación bacteriana (Tabla 5).

**Tabla 5. Concentración microbiana presente en el aire de la carpintería del aserradero Libertad**

| Punto de muestreo | N (%) (hongos) | N (%) (bacterias) |
|-------------------|----------------|-------------------|
| 1                 | 91,5           | 2,0               |
| 2                 | 90,8           | 0,6               |
| 3                 | 60,8           | 1,2               |
| 4                 | 92,9           | 0,7               |
| 5                 | 91,7           | 0,4               |
| 6                 | 92,6           | 0,6               |
| 7                 | 97,3           | 0,4               |
| 8                 | 90,9           | 0,8               |
| 9                 | 113,4          | 0,4               |
| 10                | 81,0           | 0,2               |
| Media             | 87,29          | 0,70              |

El presente resultado fundamenta, conjuntamente con los obtenidos por García (2017) referidos a los problemas organizativos del flujo tecnológico, la necesidad de eliminar de la nave de producción el cuarto de mantenimiento y el servicio sanitario en el aserradero Libertad perteneciente a la Empresa Agroforestal Las Tunas.

Por otra parte, es necesario dotar a todos los trabajadores con medias caretas con filtros de aire y de favorecer mediante los mecanismos adecuados la extracción del aire interior de la carpintería hacia el exterior, en condiciones ambientalmente seguras.

Se considera que las paredes necesariamente no deben ser construidas completamente de mampostería, realizando prácticas constructivas de media pared de bloques o ladrillos, y el resto en altura pudiese ser telas metálicas o celosías.

## CONCLUSIONES

- Las áreas con mayores índices de contaminación por hongos se encuentra en el cuarto de mantenimiento, con 1470,31 ufc/m<sup>3</sup>, siguiéndole el servicio sanitario con 1260,36 ufc/m<sup>3</sup>, cuestión que define a la empresa la necesidad de tomar medidas encaminadas a ubicar ambas áreas en lugares con mejores condiciones de aireación.
- Los resultados obtenidos permiten definir los valores medios de la actividad fúngica de 1071,85 ufc/m<sup>3</sup> y para bacterias de 9,39 ufc/m<sup>3</sup>, lo cual clasifica la calidad del aire del taller como contaminado para hongos y no contaminado para bacterias.
- Además de afectar la salud de los que trabajan en la transformación de la madera, los microorganismos aislados ocasionan biodeterioro de la misma.

## BIBLIOGRAFÍA

Bogomolova, E.V., Kertadeli, I. 2009. Airborne fungi in four stations of the St. Petersburg underground railway system.

## RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Claudia M. Torres Fernández

Licenciada en Microbiología, Especialista IV para la Investigación y el Desarrollo, su labor investigativa ha estado dirigida en las temáticas de Fitopatología, Cambio Climático, Calidad del Aire, Plagas Forestales, Preservación de la Madera y Gestión Ambiental. Ha participado activamente en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes.

International Biodeterioration and Biodegradation (IT) 63: 153-160.

Borrego, S., Pons, V., Perdomo, I. 2008. La contaminación microbiana del aire en dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba. Revista CENIC Ciencias Biológicas (CU) 39:63-69.

Borrego S, Perdomo, I., Guimet, P., Gómez de Saravia, S. 2010. Estudio de la concentración microbiana en el aire de depósitos del Archivo Nacional de Cuba. AUGMDOMUS (CU) 1:114-133.

Calderone, R.A. 2002. Candida and candidiasis. Washington DC. American Society for Microbiology. p. 249-351.

Caneva, G., Nugari, P.M., Salvadori, O. 2000. La biología de la restauración. En: Nerea S.A (Ed). Italia.

Florian, L. 2003. Water, heritage photographic materials and fungi. Topics in photographic preservation (US) 10:60-73.

FEDECAI-01: 2007. Programa de certificación de calidad ambiental en interiores. Calidad ambiental en interiores: criterios de muestreo. Federación española de empresas de calidad ambiental interior. Vig. Julio 2007.

García, J.M. 2017. Incremento de la eficiencia de la industria de la segunda transformación en la Empresa Agroforestal Las Tunas. Memorias de la VII Convención Internacional Agroforestal. La Habana. Cuba. ISBN 978-959-7215-29-5.

Gutarowska, B. 2010. Metabolic activity of moulds as a factor of buildings material biodegradation. Polish journal of microbiology (CA) 59: 119-124.

Gutiérrez, V., Pinzón, A., Casas, J., Martínez, M. 2008. Determinación de la actividad celulolítica del suelo proveniente de cultivos de *Stevia rebaudiana* Bertoni. Agronomía Cubana (CU) 26(3):44-52.

Mandell, G.M., Douglas, R.G., Bennett, J.E. 2000. Principles and practice of infectious diseases. 5th ed. New York. 345 p.

Nugari, M.P., Roccardi, A. 2001. Aerobiological investigations applied to the conservation of cultural heritage. Aerobiologia (NL) 17:215-223.

NR-201: 1987. MINIP. Método de Omeliansky. Análisis higiénico sanitario y ambiental. Métodos de ensayos microbiológicos. Ciudad de La Habana. Ministerio de la Industria Pesquera. Vig. Julio 1987.

Peña-Yañez, J. 1983. Micología clínica. Madrid. Editorial Ciencia. p. 231-326.

Smith, G. 1980. Ecology and field biology. 2<sup>nd</sup>. Edition. Harp Row, New York. 210 p.

Zapater, R.C. 1965. Introducción a la micología médica. Buenos Aires. El Ateneo. 800 p.