



## Aproximación a la distribución real de *Fulvifomes sanjani* (Hymenochaetaceae, Basidiomycota) en Cuba

Approximation to the real distribution of *Fulvifomes sanjani* (Hymenochaetaceae, Basidiomycota) in Cuba

 Lázaro Castro Hernández

### RESUMEN

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Correspondencia: [lkstro96@gmail.com](mailto:lkstro96@gmail.com)

Recibido: 19 de marzo de 2021

Aceptado: 11 de junio de 2021



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons



<https://eqrcode.co/a/pIBOoE>

*Fulvifomes sanjani* es considerada una especie Casi Amenazada en Cuba, aunque el conocimiento de la distribución de la misma se limita a escasas localidades donde se ha recolectado. Identificar la distribución de esta especie proporcionaría una mejor comprensión de su estado de conservación actual y permitiría planificar posibles acciones de conservación en sectores de interés. En el presente trabajo se estimó el área aproximada de distribución real de *F. sanjani* en Cuba y se evaluó la representatividad de esta distribución en las áreas protegidas del archipiélago. Para esto se realizó la modelación de su distribución utilizando los registros de presencia y variables ambientales. El modelo de distribución potencial fue restringido, eliminando las áreas inadecuadas para la presencia de esta especie y el resultado fue superpuesto con las áreas protegidas de Cuba. El área aproximada de la distribución real de *F. sanjani* en Cuba es fragmentada a lo largo del archipiélago y ocupa 4 045.19 km<sup>2</sup>. La presencia de factores inadecuados para la ocurrencia de esta especie representa un alto riesgo para la conservación de la misma, los cuales restringieron el modelo de distribución potencial en un 25.5%. Por su parte, dentro del sistema de áreas protegidas de Cuba, solamente se encontró un 30.4% del área aproximada de distribución real de *F. sanjani* en el archipiélago.

**Palabras clave:** hongos, *MaxEnt*, nicho realizado, nicho fundamental, SIG

### ABSTRACT

*Fulvifomes sanjani* is considered an almost threatened species in Cuba, although knowledge of its distribution is limited to few localities where it has been collected. Identifying the distribution of this species would provide a better understanding of its current conservation status and would allow planning possible conservation actions in sectors of interest. In the present work, the approximate area of real distribution of *F. sanjani* in Cuba is estimated and the representativeness of this distribution in the protected areas of the archipelago is evaluated. For this, the distribution modeling of this species was carried out using the records of presence and environmental variables. The potential distribution model was restricted, eliminating the unsuitable areas for the presence of this species and the final result was superimposed with the protected areas of Cuba. The approximate area of the real distribution of *F. sanjani* in Cuba is fragmented throughout the archipelago and occupies 4045.19 km<sup>2</sup>. The presence of inappropriate factors for the occurrence of this species represents a high risk for its conservation, which restricted the potential distribution model by 25.5%. On the other hand, only 30.4% of the approximate area of real distribution of *F. sanjani* was found in the archipelago.

**Key words:** fundamental niche, fungi, *MaxEnt*, realized niche, SIG

## INTRODUCCIÓN

El género *Fulvifomes* Murrill (Hymenochaetaceae) está formado por aproximadamente 31 especies y presenta una distribución predominantemente tropical (Hattori *et al.*, 2014; Salvador-Montoya *et al.*, 2018; Olou *et al.*, 2019; Du *et al.*, 2021). Muchas de estas especies se encuentran ampliamente distribuidas, aunque algunas poseen una distribución restringida a regiones particulares y en algunas ocasiones están asociadas a especies de plantas específicas (Hattori *et al.*, 2014; Salvador-Montoya *et al.*, 2018).

En Cuba el género se encuentra representado por 10 especies (Minter *et al.*, 2001); las cuales presentan basidiomas perennes y en su mayoría no poseen afinidad por sustratos. De estas, *F. sanjanii* (Lloyd) Bondarceva y Herrera, sobresale entre las de menor número de registros en el archipiélago, reportándose para las provincias de Pinar del Río, Artemisa, Sancti Spiritus y Granma (Herrera y Bondarceva, 1982; Minter *et al.*, 2001). Esto, junto al número de localidades en que se registra y la distribución fragmentada que posee la especie, sirvió de base para categorizarla como Casi Amenazada (NT) en el país (Mena *et al.*, 2012). Sin embargo, sus áreas de ocupación reales aún son desconocidas.

Conocer las áreas de distribución que ocupa esta especie en Cuba proporcionaría una mejor comprensión de su estado de conservación actual y permitiría planificar posibles acciones de conservación en sectores de interés. Otro factor de importancia es el conocimiento de la representatividad que puedan tener sus áreas de distribución dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). En consideración a lo antes expuesto, este trabajo tuvo como objetivos la estimación del área aproximada de distribución real de *F. sanjanii* en Cuba y la evaluación de la representatividad de esta distribución en las áreas protegidas del país.

## MATERIALES Y MÉTODOS

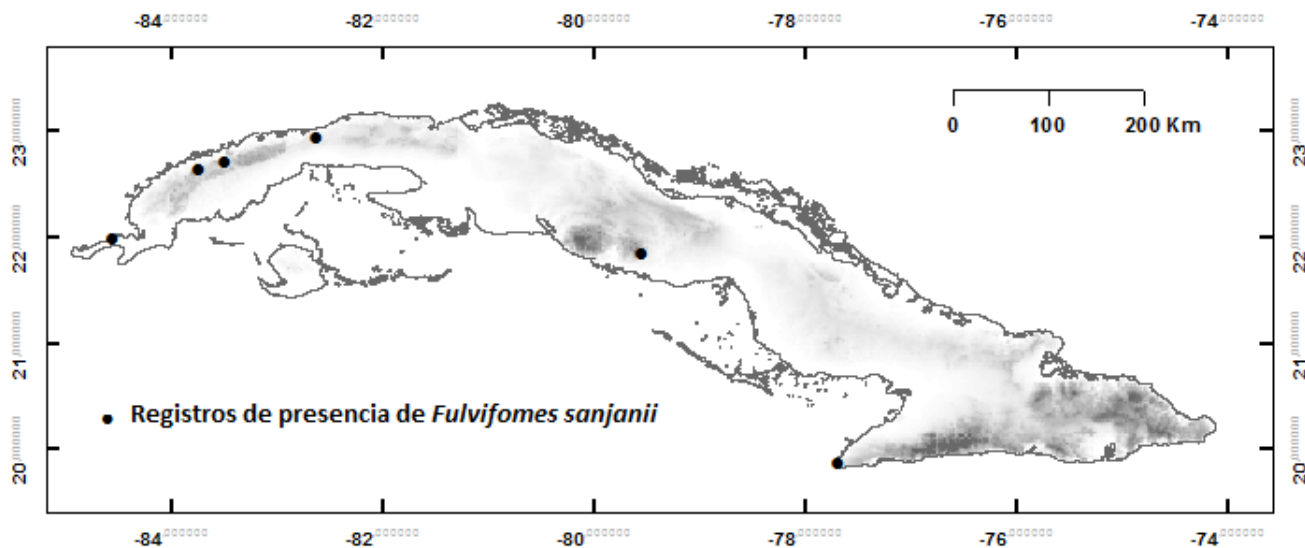
Para estimar las áreas de distribución real aproximada de *F. sanjanii* en Cuba se generó un modelo de distribución potencial de la especie en el archipiélago. Para esto se empleó el algoritmo de máxima entropía implementado en el programa *MaxEnt* 3.3.3k (Phillips *et al.*, 2006). Se utilizaron los registros de presencia de la especie en Cuba y 19 variables bioclimáticas. Los registros de

presencia se obtuvieron solamente de las colecciones micológicas del Herbario del Instituto de Ecología y Sistemática (IAC), debido a que los presentes en otras instituciones no presentaban referencia de sus localidades de procedencia; por lo que se contó con seis registros, los cuales se encuentran considerablemente distantes (Fig. 1) y fueron tomados entre los años 1970 y 2004. Por su parte, las variables bioclimáticas fueron tomadas del modelo global *WorldClim* (Hijmans *et al.*, 2005), a una resolución espacial de 1 km<sup>2</sup>.

Se utilizaron los siguientes parámetros por defecto del programa para generar el modelo: número máximo de iteraciones = 500; valor de regularización = 1; umbral de convergencia = 0.00001; número máximo de puntos de *background* = 10 000. Se empleó el 60% de los registros de presencia para calibrar y el 40% para evaluar el modelo. Se corrieron 50 réplicas usando remuestreos por *Bootstrap* y no se permitieron extrapolaciones fuera del archipiélago cubano. Para evaluar el desempeño del modelo se empleó el Área Bajo la Curva (AUC) de la Curva Característica Operativa del Receptor (ROC) de los datos de calibración.

Esta medida varía entre 0 y 1, donde los valores inferiores a 0.5 indican que el valor predictivo de los modelos no es superior al esperado por azar; valores de AUC superiores a 0.7 se consideran modelos con buen desempeño (Broennimann *et al.*, 2007). Otro criterio seguido para evaluar el desempeño del modelo fue la diferencia entre el AUC de entrenamiento y el AUC de validación (Warren y Seifert, 2011). La contribución de las variables al modelo se evaluó mediante los resultados de la prueba de *Jackknife*.

Para la representación de las probabilidades de presencia de *F. sanjanii* se utilizó el modelo logístico de menor diferencia entre AUC de entrenamiento y el AUC de validación para evitar sobre o subajuste del mismo. Este modelo fue binarizado utilizando el umbral del valor máximo de sensibilidad + especificidad, para minimizar la media de la tasa de error de omisión y comisión (Freeman y Moisen, 2008). Posteriormente, se realizó una restricción de la distribución potencial obtenida a través de la binarización, con la finalidad de obtener una aproximación a la distribución real de esta especie en el país. Para ello, se tuvo en cuenta las características ambientales negativas para el desarrollo de la especie. Entre ellas se consideraron las regiones sin cobertura vegetal, así como algunas de las áreas con

Castro Hernández: Distribución de *Fulvifomes sanjanii* en Cuba

**Figura 1.** Representación de los registros de presencia de *Fulvifomes sanjanii* en Cuba. Las áreas sombreadas constituyen las mayores elevaciones del territorio.

**Figure 1.** Representation of the presence records of *Fulvifomes sanjanii* in Cuba. The shaded areas constitute the highest elevations of the territory

fines agrícolas (plantaciones de arroz y tabaco) presentes en Cuba. Las primeras fueron identificadas a partir de la base de datos *Global Forest Change* (Hansen *et al.*, 2013), mientras que las segundas a partir del mapa de uso de suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999). El proceso completo de restricción del modelo se realizó en el programa ArcGis 10.2.

El resultado de la restricción del nicho fundamental existente de *F. sanjanii* en Cuba, constituye una aproximación a sus áreas de distribución real en el país. Estas fueron superpuestas con las unidades terrestres del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) (CNAP, 2013) y se identificaron y midieron las áreas dentro y fuera de estas unidades de protección.

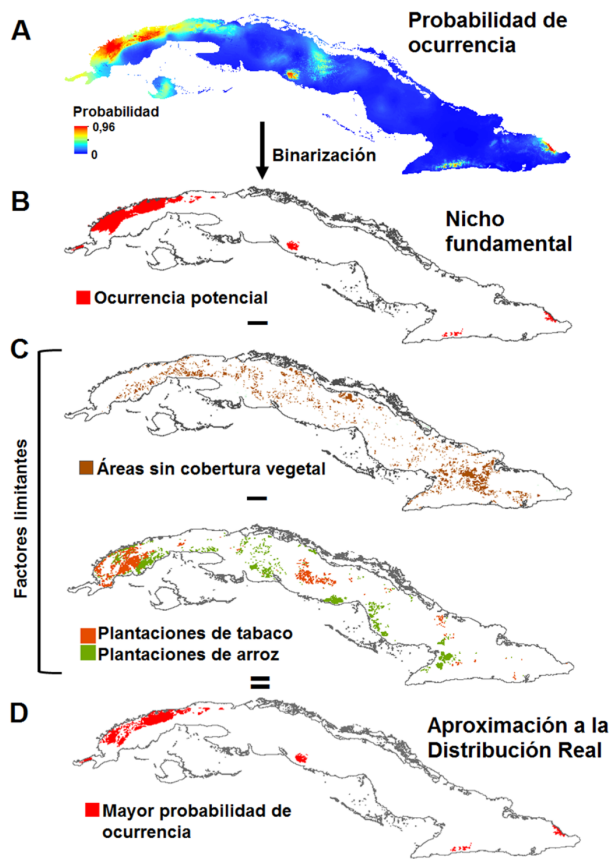
## RESULTADOS

El modelo de nicho mostró un AUC de entrenamiento de 0.978; mientras que el AUC de validación fue de 0.969. Las variables de mayor contribución al modelo fueron las precipitaciones del trimestre más cálido (BIO18; 46%), las precipitaciones del mes más seco (BIO14; 32.2%) y la isoterma (BIO3; 13.6%), respectivamente. Las mayores probabilidades de ocurrencia para la especie se observaron en el occidente

(provincias de Pinar del Río, Artemisa, La Habana y Mayabeque) y para algunas regiones de las provincias de Cienfuegos, Sancti Spíritus, Villa Clara, Granma y Guantánamo; siendo estas para las restantes regiones del archipiélago generalmente inferiores a 0.1 (Fig. 2A).

Al ser binarizado el mapa de distribución potencial (para un umbral de 0.51), se encontró que el área de distribución potencial que ocupa *F. sanjanii* en Cuba es de 5 430.45 km<sup>2</sup> (Fig. 2B). Asimismo, se obtuvo que los factores limitantes para la distribución de esta especie cubren 1 385.26 km<sup>2</sup> de las áreas de su distribución potencial (Fig. 2C). De estos el 88.14% lo ocuparon regiones sin vegetación, mientras que las áreas con fines agrícolas consideradas (plantaciones de arroz y tabaco) representaron el 11.86%. La existencia de estos factores inadecuados para la presencia de *F. sanjanii* restringieron su distribución potencial en un 25.5%.

Por otra parte, el área de distribución real aproximada de *F. sanjanii* en Cuba ocupa 4 045.19 km<sup>2</sup>, evidenciando un patrón de distribución fragmentada a lo largo de todo el archipiélago (Fig. 2D, 3). De esta superficie, solamente el 30.38% se encuentra incluido en las áreas protegidas del SNAP (Fig. 3).



**Figura 2.** Proceso de restricción del área de distribución potencial de *Fulvifomes sanjanii* en Cuba. A. Probabilidad de ocurrencia de *F. sanjanii* en Cuba. B. Distribución Potencial (Nicho Fundamental) de *F. sanjanii* en Cuba. C. Aspectos que limitan su ocurrencia. D. Aproximación a la distribución real de *F. sanjanii* en Cuba.

**Figure 2.** Process of restriction of the potential distribution area of *Fulvifomes sanjanii* in Cuba. A. Probability of occurrence of *F. sanjanii* in Cuba. B. Potential Distribution (Fundamental Niche) of *F. sanjanii* in Cuba. C. Aspects that limit its occurrence. D. Approximation to the real distribution of *F. sanjanii* in Cuba.

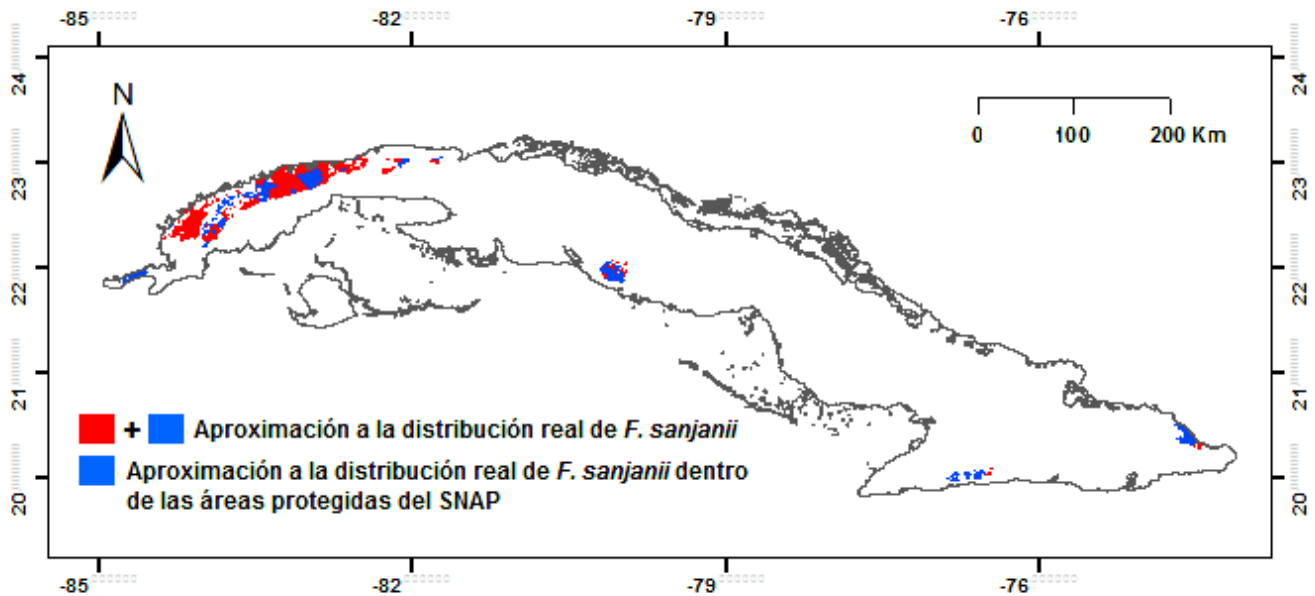
## DISCUSIÓN

El modelo de nicho ecológico seleccionado presentó un alto desempeño de acuerdo a los resultados del AUC, pues según indican Broennimann *et al.* (2007), modelos con AUC superiores a 0.9 se consideran excelentes. No obstante, hay que tener en cuenta que, aunque el AUC constituye uno de los parámetros más utilizados para la validación de los modelos de distribución de especies, no está exento de problemas. Este valor brinda información adecuada sobre la distribución generalizada o restringida de las especies en un rango de condiciones predictivas que caracterizan un área determinada, pero no es bueno diferenciando las falsas ausencias de las verdaderas (Lobo *et al.*, 2007). Por ello podría atender

contra la especificidad del modelo (capacidad de identificar las verdaderas ausencias), por lo que no debería utilizarse como indicador de desempeño. Como alternativa a lo anterior, Warren y Seifert (2011) sugieren utilizar la diferencia entre el AUC de entrenamiento y de validación para evaluar el desempeño de los modelos; criterio seguido en el presente trabajo. La diferencia encontrada (0.009) se considera pequeña, lo que indica que el modelo no posee sobre o subajuste y confiere confiabilidad al mismo.

El aporte de las variables climáticas al modelo refleja algunos de los requerimientos ambientales para el desarrollo de la especie en las diferentes épocas del año. Así la mayor contribución al modelo de las precipitaciones del trimestre más cálido (BIO18), podría indicar que en este periodo es cuando ocurre el mayor porcentaje de fructificación, esporulación y colonización de nuevos sustratos. De igual modo el aporte de las precipitaciones del mes más seco (BIO14), podría estar relacionado con que este mes sea un periodo sensible para la esporulación, debido al resecaamiento del sustrato y del cuerpo fructífero de esta especie de hongo. Esto concuerda con lo expuesto por Herrera (1988), quien encontró para tres especies del género *Phellinus* en Cuba, que las mayores tasas de esporulación ocurren por lo general entre los meses de mayo a septiembre, siendo estas menores o ausentes entre diciembre y abril; lo cual podría ocurrir de manera similar para *F. sanjanii* al ser especies filogenéticamente cercanas y con requerimientos ecológicos similares. Asimismo, la influencia de la isothermalidad (BIO3) podría estar relacionada con que en las primeras horas de la mañana y las últimas de la tarde, generalmente en los periodos correspondientes a verano y otoño, es cuando ocurre en basidiomicetes la mayor descarga de esporas en el día (Gonzalo *et al.*, 1997; Moore *et al.*, 2008).

Por otra parte, la extensión del área de distribución potencial de *F. sanjanii* en Cuba abarca una pequeña parte del archipiélago (aproximadamente un 5%), aunque es mayor a la que podría esperarse si solo se consideran sus ocurrencias locales. Algunos de estos sitios se encuentran en regiones con elevada altitud con respecto a la correspondiente a los registros de presencia utilizados para la generación del modelo, que se localizan entre los 4 y 300 msnm. Estas regiones aunque potencialmente podrían reunir las condiciones ambientales para el desarrollo de la especie, quizás



**Figura 3.** Superposición de las áreas de distribución real aproximada de *Fulvifomes sanjanii* con las unidades del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) 2014-2020 de Cuba que cubren superficies terrestres.

**Figure 3.** Superposition of the approximate real distribution areas of *Fulvifomes sanjanii* with the units of the National System of Protected Areas (SNAP) 2014-2020 of Cuba which cover land surfaces.

podrían limitar la colonización de nuevos sustratos, pues según plantean McCain y Grytnes (2010) con el aumento de la altitud, también aumentan las precipitaciones; lo que puede favorecer el ataque de los cuerpos fructíferos por hongos fungícolas.

Como resultado de las restricciones del modelo, se corrobora la distribución fragmentada de las poblaciones de *F. sanjanii* en Cuba y la poca representatividad de la misma dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Esta información brinda elementos que pudieran tenerse en cuenta para valorar el estado de conservación actual de la especie en el país, así como para la planificación, ejecución y evaluación de acciones de conservación; ya que el conocimiento sobre los factores que influyen en la distribución de las especies es de significativa importancia para la investigación y manejo de la vida silvestre (Plasencia-Vázquez *et al.*, 2014). De igual modo, la información generada sirve de base para la evaluación de los posibles cambios que pueden sufrir las áreas de distribución de la especie bajo condiciones de cambio climático en las próximas décadas.

## CONCLUSIONES

El área aproximada de distribución real de *F. sanjanii* en Cuba es fragmentada y ocupa un rango de 4 045.19 km<sup>2</sup>. Estas zonas se encuentran fundamentalmente en la región occidental del país y los factores limitantes de la distribución de esta especie representan un alto riesgo para la conservación de la misma. Solo el 30.38% de estas áreas de distribución real aproximada se encuentran protegidas en Cuba dentro de unidades con diferente grado de significación.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los trabajadores de los herbarios del Instituto de Ecología y Sistemática (HAC) y del Jardín Botánico Nacional (HAJB), así como a los colegas de los departamentos de Micología de ambas instituciones por facilitar el acceso a las colecciones. Estos resultados tributan al proyecto Implementación de la Estrategia de Conservación de la Diversidad Fúngica en Cuba (2019-2021), que pertenece al Programa de Ciencia, Tecnología e Innovación “Uso Sostenible de los componentes de la Diversidad Biológica en Cuba” de la Agencia de Medio Ambiente.

## LITERATURA CITADA

- Broennimann O, Treier UA, Muller-Scharer H, Thuiller W, Peterson AT, Guisan, A. 2007. Evidence of climatic niche shift during biological invasion. *Ecology Letters*. 10: 701-709.
- CNAP (Centro Nacional de Áreas Protegidas). 2013. *Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas 2014-2020*. Ministerio de Ciencias Tecnología y Medio, La Habana.
- Du P, Cao TX, Wu YD, Zhou M, Liu ZB. 2021. Two new species of Hymenochaetales on *Dracaena cambodiana* from tropical China. *MycKeys*. 80: 1-17.
- Freeman EA, Moisen GG. 2008. A comparison of the performance of threshold criteria for binary classification in terms of predicted prevalence and kappa. *Ecological Modelling*. 217: 48-58.
- Gonzalo MA, Paredes MM, Muñoz AF, Tormo R, Silva I. 1997. Dinámica de dispersión de basidiosporas en la atmósfera de Badajoz. *Revista Española de Alergología e Inmunología Clínica*. 12: 294-300.
- Hansen MC, Potapov P, Moore R, Hancher M, Turubanova S, Tyukavina A, Thau D, Stehman SV, Goetz SJ, Loveland TR, Kommareddy A, Egorov A, Chini L, Justice CO, Townshend JRG. 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*. 342: 850-853.
- Hattori T, Sakayaroj J, Benjamin E, Suetrong S, Preedanon S, Klaysuban A. 2014. Three species of *Fulvifomes* (Basidiomycota, Hymenochaetales) associated with rots on mangrove tree *Xylocarpus granatum* in Thailand. *Mycoscience*. 55: 344-354.
- Hernández A, Pérez JJM, Bosch D, Rivero, L. 1999. *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*. Instituto de Suelos, La Habana.
- Herrera S. 1988. Algunos aspectos ecológicos de los hongos afiloforales. En Menéndez L, Herrera R, Rodríguez M, García E. (eds.), *Ecología de los bosques siempre verdes de la Sierra del Rosario, Cuba*, 370-392, ROSTLAC, Montevideo, Uruguay.
- Herrera S, Bondarceva MA. 1982. Especies del género *Phellinus* (Basidiomycetes; Hymenochaetales) nuevas o poco conocidas en Cuba. *Acta Botánica Cubana*. 8: 1-17.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A. 2005. Very high Resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 25: 1965-1978.
- Lobo JM, Jiménez-Valverde A, Real R. 2007. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography*. 17 (2): 145-151.
- McCain CM, Grytnes JA. 2010. Elevational Gradients in Species Richness. *Encyclopedia of life Sciences*. 1-10.
- Mena J, Blanco N, Camino M, Herrera S, Cabarroi M, Ortiz JL, Maldonado S, Recio G, Enríquez D, González G, Pons R, Minter D. 2012. Primera lista roja de los hongos de Cuba. [http://www.ecosis.cu/biocuba/biodiversidadcuba/varios/listarojamiocobiota\\_cuba\\_amenaza.html](http://www.ecosis.cu/biocuba/biodiversidadcuba/varios/listarojamiocobiota_cuba_amenaza.html) (consultado: 20 de noviembre de 2020).
- Minter DW, Rodríguez M, Mena, J. (Eds.). 2001. *Fungi of the Caribbean. An annotated checklist*. UDMS Publishing, Reino Unido.
- Moore D, Gange AC, Gange EG, Boddy L. 2008. Fruit bodies: their production and development in relation to environment. En Boddy L, Frankland JC, van West P. (eds.), *Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes* (1ra ed.), 79-103, Elsevier Ltd, London.
- Olou BA, Ordynets A, Langer E. 2019. First new species of *Fulvifomes* (Hymenochaetales, Basidiomycota) from tropical Africa. *Mycological Progress*. 18: 1383-1393.
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 190: 231-259.
- Plasencia-Vázquez A, Escalona-Segura G, Esparza-Olguín L. 2014. Modelación de la distribución geográfica de dos psitácidos neotropicales utilizando variables climáticas y topográficas. *Acta Zoológica Mexicana*. 30: 471-490.
- Salvador-Montoya CA, Popoff OF, Reck M, Dreschler-Santos ER. 2018. Taxonomic delimitation of *Fulvifomes robiniae* (Hymenochaetales, Basidiomycota) and related species in America: *F. squamosus* sp. nov. *Plant Systematics and Evolution*. doi:10.1007/s00606-017-1487-7
- Warren D, Seifert S. 2011. Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecological Applications*. 21: 335-342.