



ISSN 2448-508X

KUXULKAB'

-Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-

Volumen 29

Número 63

Enero-Abril 2023

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
División Académica de Ciencias Biológicas



« REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA »



PRÁCTICA DE CAMPO DE UNA ESTUDIANTE DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA DURANTE UNA ESTANCIA ACADÉMICA.
División Académica de Ciencias Biológicas (DACBio), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: cortesía de Ma. Guadalupe Rivas Acuña.



UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE ”

DIRECTORIO

L.D. Guillermo Narváez Osorio
Rector

Dra. Dora María Frias Márquez
Secretaria de Servicios Académicos

Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Lic. Alejandro Bastar Cordero
Encargado de despacho de la Secretaría de Servicios Administrativos

Mtro. Miguel Armando Vélez Téllez
Secretario de Finanzas

Dr. Arturo Garrido Mora
Director de la División Académica de Ciencias Biológicas

Dra. Ana Rosa Rodríguez Luna
Coordinadora de Investigación y Posgrado, DACBioI-UJAT

M. en A. Emilio Ocampo Morales
Coordinador Administrativo, DACBioI-UJAT

M.I.P.A. Araceli Guadalupe Pérez Gómez
Coordinadora de Docencia, DACBioI-UJAT

M.C.A. Yessenia Sánchez Alcudia
Coordinadora de Difusión Cultural y Extensión, DACBioI-UJAT

COMITÉ EDITORIAL DE KUXULKAB'

Dr. Andrés Reséndez Medina †
Editor fundador

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Editor ejecutivo y encargado

Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa

Dr. Jesús García Grajales

Dra. Carolina Zequeira Larios

Dr. Rodrigo García Morales

Dra. María Elena Macías-Valadez Treviño

Ocean. Rafael García de Quevedo Machain

M.C.A. Ma. Guadalupe Rivas Acuña

Dr. Nicolás Álvarez Pliego

Dra. Nelly del Carmen Jiménez Pérez

Dr. Marco Antonio Altamirano González Ortega

Dra. Rocío Guerrero Zárate

Dr. Eduardo Salvador López Hernández

Dra. Nadia Florencia Ojeda Robertos

Dr. Maximiano Antonio Estrada Botello

Dra. Melina del Carmen Uribe López

Dr. José Guadalupe Chan Quijano

Dra. Martha Alicia Perera García

Editores asociados

Dra. Ramona Elizabeth Sanlucar Estrada

M.C.A. Alma Deysi Anacléto Rosas

Dra. Ena Edith Mata Zayas

M. en Pub. Magally Guadalupe Sánchez Domínguez

Correctores de estilo

M.C.A. María del Rosario Barragán Vázquez

M. en C. Leonardo Noriel López Jiménez

Dra. Violeta Ruiz Carrera

Correctores de pruebas

M.Arq. Marcela Zurita Macías-Valadez

M. en C. Sulma Guadalupe Gómez Jiménez

Traductores

L.I.A. Ervey Baltazar Esponda

Soporte técnico institucional

Téc. Juan Pablo Quiñonez Rodríguez †

Apoyo técnico

CONSEJO EDITORIAL (EXTERNO)

Dra. Lilia María Gama Campillo

División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT - México

Dr. Roberto Carlos González Fócil

Jefe del Departamento de Revistas Científicas, UJAT - México

Dra. Juliana Álvarez Rodríguez

División Académica de Ciencias Económico Administrativas, UJAT-
México

Dr. Jesús María San Martín Toro

Universidad de Valladolid (UVA) - España

ISSN 2448-508X

KUXULKAB'

La revista KUXULKAB' (vocablo chontal que significa «tierra viva» o «naturaleza») es una publicación cuatrimestral de divulgación científica la cual forma parte de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; aquí se exhiben tópicos sobre la situación de nuestros recursos naturales, además de avances o resultados de las líneas de investigación dentro de las ciencias biológicas, agropecuarias y ambientales principalmente.

El objetivo fundamental de la revista es transmitir conocimientos con la aspiración de lograr su más amplia presencia dentro de la propia comunidad universitaria y fuera de ella, pretendiendo igualmente, una vinculación con la sociedad. Se publican trabajos de autores nacionales o extranjeros en español, con un breve resumen en inglés.

KUXULKAB' se encuentra disponible en su portal electrónico a **texto completo** y en **acceso abierto**, así como en diversas plataformas editoriales, directorios y catálogos de revistas:



Revistas Universitarias

Portal electrónico de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).



Repositorio Institucional UJAT

Plataforma desarrollada con el aval del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); cuenta con un acervo académico, científico, tecnológico y de innovación de la universidad.



Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Red de instituciones que reúnen y diseminan información sobre las publicaciones científicas seriadas producidas en Iberoamérica.



PERIÓDICA - Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias

Base de datos bibliográfica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con registros publicados América Latina y el Caribe, especializadas en ciencia y tecnología.



Google académico - Google Scholar

Buscador de Google enfocado y especializado en la búsqueda de contenido y bibliografía científico-académica (artículos, tesis, libros, patentes, etcétera).



BASE - Bielefeld Academic Search Engine

Motor de búsqueda más voluminosos del mundo, especialmente para recursos web académicos; es operado por la biblioteca de la Universidad de Bielefeld (Bielefeld, Alemania).



MIAR - Matriz de Información para el Análisis de Revistas

Matriz con repertorio de revistas y bases de datos de indexación (citas, multidisciplinarias o especializadas), con el propósito de identificar revistas científicas.



fatcat! - Perpetual Access to the Scholarly Record

Catálogo de publicaciones de investigación que incluye artículos de revistas, actas de congresos y conjuntos de datos.



OAJI - Open Academic Journals Index

Base de datos internacional para indexar revistas científicas de acceso abierto; es manejada por la Universidad Global de Cherkas (United States of America).



Nuestra portada:

«Uno de los maculís (*Tabebuia rosea*) del Jardín Botánico 'José N. Rovirosa' de la DACBioI-UJAT».

Diseño de:

Fernando Rodríguez Quevedo (DACBioI-UJAT).

Fotografías de: Marcela Alejandra Cid Martínez, (DACBioI-UJAT).

KUXULKAB', año 29, No. 63, enero-abril 2023; es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) a través de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI). Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura; Col. Magisterial; Villahermosa, Centro, Tabasco, México; C.P. 86040; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; <https://revistas.ujat.mx>; kuxulkab@ujat.mx. Editor responsable: Fernando Rodríguez Quevedo (encargado). Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-090610320400-203; ISSN: 2448-508X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Editor ejecutivo, Fernando Rodríguez Quevedo; Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5; entronque a Bosques de Saloya; CP. 86039; Villahermosa, Centro, Tabasco; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; Fecha de la última modificación: 16 de enero de 2023.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la revista, ni de la DACBioI y mucho menos de la UJAT. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



Editorial

Estimados lectores:

Desearo se encuentren bien, e iniciando un promotor año nuevo; en esta oportunidad nos dirigimos para presentar el primer número de **Kuxulkab'** para este 2023; continuando en reforzar los esfuerzos para mantener nuestra presencia. Este número, cuenta con tres aportaciones donde, tenemos información respecto a diversos procesos de manejo ambiental así como de aspectos microbiológicos hasta un estudio a un parque ecológico- turístico.

En exposición a la forma de trabajo en la revista, proporcionamos una sinopsis de las aportaciones que conforman esta publicación:

«**EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN TÉRMICA DE UN ESPACIO INTERIOR: UN ENFOQUE SIMPLE, PRÁCTICO Y ECONÓMICO**»; texto en el cual se muestra un procedimiento para evaluar la condición térmica (temporada de calor), de un espacio interior como lo es un cubículo de profesores.

«**MICROBIOLOGÍA: LA PALINOLOGÍA Y SU IMPORTANCIA**», aportación que manifiesta la relevancia del estudio del polen y esporas dentro de los campos de trabajo de la microbiología tomando en cuenta la dispersión, preservación y su aplicación para beneficio de la sociedad.

«**CAPACIDAD DE CARGA Y REFERENTE DE RESILIENCIA ECOLÓGICA DEL PARQUE ESTATAL AGUA BLANCA**»; participación que brinda un análisis respecto a la capacidad de carga turística de cada una de las áreas de uso turístico que integran el Parque Estatal Agua Blanca, en Tabasco (México).

La consolidación de este número es un esfuerzo en conjunto con autores, evaluadores, editores asociados y demás miembros del comité editorial de esta revista. Agradecemos, a cada uno de ellos, su apoyo y entusiasmo de colaborar en la divulgación de la ciencia con estándares de calidad emanados por esta casa de estudios. Esperamos vernos pronto.

Arturo Garrido Mora
DIRECTOR DE LA DACBIOL-UJAT

Fernando Rodríguez Queredo
EDITOR EJECUTIVO DE KUXULKAB'

Contenido

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN TÉRMICA DE UN ESPACIO INTERIOR: UN ENFOQUE SIMPLE, PRÁCTICO Y ECONÓMICO e5291

EVALUATION OF THE THERMAL CONDITION OF AN INTERIOR SPACE: A SIMPLE, PRACTICAL AND ECONOMIC APPROACH

Sergio Ramos Herrera, Elizabeth Magaña Villegas & Jesús Manuel Carrera Velueta

MICROBIOLOGÍA: LA PALINOLOGÍA Y SU IMPORTANCIA e5549

MICROBIOLOGY: PALYNOLOGY AND ITS IMPORTANCE

Marcela Alejandra Cid Martínez

CAPACIDAD DE CARGA Y REFERENTE DE RESILIENCIA ECOLÓGICA DEL PARQUE ESTATAL AGUA BLANCA e5317

CARRYING CAPACITY AND REFERENCE OF ECOLOGICAL RESILIENCE OF THE AGUA BLANCA STATE PARK

Mariela Conchita Romero Juárez, Carolina Zequeira Larios, Lilia María Gama Campillo & José Luis Martínez Sánchez

LA SCILLINA ES NO PERDER DE VISTA LO QUE SE DESEA ALCANZAR



EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN TÉRMICA DE UN ESPACIO INTERIOR: UN ENFOQUE SIMPLE, PRÁCTICO Y ECONÓMICO

EVALUATION OF THE THERMAL CONDITION OF AN INTERIOR SPACE: A SIMPLE, PRACTICAL AND ECONOMIC APPROACH

Sergio Ramos Herrera¹✉, Elizabeth Magaña Villegas² & Jesús Manuel Carrera Velueta³

¹Maestro en Ingeniería y Protección Ambiental (MIPA) por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Actualmente, profesor-investigador e integrante del Cuerpo Académico Consolidado de «Evaluación y Tecnología Ambiental (CACETI)» en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI) de la UJAT. ²Maestra en Ingeniería en Sistemas Ambientales por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). Es profesora-investigadora e integrante del CACETI en la DACBioI-UJAT. ³Maestro en Inteligencia Artificial por la Universidad Veracruzana (UV). Presentemente profesor-investigador e integrante del CACETI en la DACBioI-UJAT.

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Carretera Federal #180 (Villahermosa-Cárdenas) km 0.5 S/N; entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86150. Villahermosa, Tabasco; México.

✉ sergiorhe@hotmail.com

 ¹ 0000-0001-6618-0452  ² 0000-0003-1373-5703

 ³ 0000-0001-6707-183X

Como referenciar:

Ramos Herrera, S.; Magaña Villegas, E. & Carrera Velueta, J.M. (2023). Evaluación de la condición térmica de un espacio interior: un enfoque simple, práctico y económico. *Kuxulkab'*, 29(63): e5291, enero-abril. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a29n63.5291>

Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/5291>

DOI:

<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a29n63.5291>

Resumen

Gran parte de nuestro tiempo lo pasamos en espacios cerrados, que en el mejor de los casos cuenta con aire acondicionado como sinónimo de confort térmico adecuado. Pero cuando falla la energía o el equipo de aire acondicionado, abrir puertas y ventanas muchas veces no produce la comodidad esperada por los ocupantes. El objetivo de este texto es mostrar un procedimiento sencillo para evaluar la condición térmica, en temporada de calor, de un espacio interior ocupado tomando como ejemplo un cubículo de profesores. Los parámetros ambientales del interior se obtuvieron de equipo sencillo y sensores de bajo costo programados con la tarjeta Arduino Uno. Se muestra el uso de calculadoras simples en internet y modelos matemáticos sencillos para estimar la concentración esperada de dióxido de carbono en el cubículo, un indicador del nivel de ventilación. Empleando el índice de calor se obtuvo que la condición térmica del cubículo fue de «precaución extrema».

Palabras clave: Índice de calor; Ventilación natural; Modelo matemático; Arduino Uno; Calculadoras de CO₂.

Abstract

Much of our time is spent in closed spaces, which in the best of cases have air conditioning as a synonym for adequate thermal comfort. But when the power or air conditioning equipment fails, opening doors and windows often does not produce the comfort expected by the occupants. The objective of this article was to show a simple procedure to evaluate the thermal condition, in hot season, of an occupied interior space using a teacher's cubicle as an example. The environmental parameters of the interior were obtained from simple equipment and low-cost sensors programmed with the Arduino uno card. Simple calculators on the internet and simple mathematical models are shown to be used to estimate the expected carbon dioxide concentration in the cubicle, an indicator of the level of ventilation. Using the heat index, it was obtained that the thermal condition of the cubicle was «extreme caution».

Keywords: Heat Index; Natural ventilation; Mathematical model; Arduino Uno; CO₂ calculators.

Las personas pasan más tiempo en oficinas, gimnasios, aulas de clase, auditorios, en su casa y otros tipos de espacio interior ocupado, que en espacios abiertos o públicos. Por lo tanto, no solo es importante cuidar la calidad del aire interior que respiran, sino también mantener condiciones térmicas —por ejemplo, humedad y temperatura interior— adecuadas para brindar buen confort térmico a los ocupantes.

La forma típica de lograr estas condiciones es colocando algún tipo de aislante térmico en el techo de las casas o edificios o el uso de equipo de aire acondicionado. Todo marcha bien hasta que falla la energía eléctrica o se descompone el equipo. La medida que se toma en esos casos es ventilar naturalmente el espacio abriendo puertas y ventanas y encendiendo ventiladores de techo o de pared mientras se resuelve el problema.

Aquellos espacios que de manera prolongada o de forma permanente carecen de aire acondicionado, son más propensos a mantener niveles de incomodidad térmica. Si bien la ventilación natural puede ayudar a mejorar el comodidad térmica, no garantiza un nivel de confort adecuado, tal vez por las condiciones térmicas del exterior o porque el edificio no se diseñó para beneficiarse al máximo de la ventilación natural. Algunos factores que se deben tomar en cuenta en el diseño son: la orientación del edificio, la ubicación de las ventanas, la cercanía de otros edificios, la temporada o época del año y el tipo de ventilación natural más adecuado (Stouhi, 2021; Alghamdi, Tang, Kanjanabootra & Alterman, 2022).

Ahora bien, para evaluar la condición térmica de un espacio lo ideal sería registrar de forma automática la temperatura y humedad relativa interior y cada cierto intervalo de tiempo, por ejemplo, cada dos minutos.

Aquí lo adecuado es un dispositivo que tome la lectura y registre automáticamente el dato. Un dispositivo así tiene un costo que ronda entre los \$ 2,000 y \$ 5,000 pesos (mexicanos). Otra opción, es emplear sensores económicos controlados con el microcontrolador «Arduino uno». El costo de este dispositivo es de aproximadamente \$ 400 pesos. Claro, requiere de alguien que pueda programarlo, pero ya que tal dispositivo es muy conocido, hay mucha ayuda en internet sobre como armar el circuito y programar los sensores. Además, es una aplicación práctica para quienes tomaron algún curso de programación básica, y cuya competencia también tiene que ver con el monitoreo de variables ambientales.

Este fue el enfoque que se siguió en un ejercicio para determinar la condición térmica de un espacio interior ubicado en las instalaciones de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiología) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). El objetivo fue mostrar una metodología sencilla para evaluar la condición térmica de cualquier espacio interior, pero en condiciones de ventilación natural, sin el uso del aire acondicionado. Algunas preguntas que saltan a la vista son las siguientes: ¿Qué niveles de temperatura y humedad relativa se alcanzarían si no hay aire acondicionado?, ¿Qué tan bien ventilado está el espacio?

El espacio seleccionado fue un cubículo ocupado por seis profesores pero que, debido a las diversas actividades, comúnmente coinciden cuando mucho hasta tres profesores en un momento dado del día. El cubículo tiene un volumen de 173 metros cúbicos (m^3) y un área de 58 metros cuadrados (m^2), que corresponde a una densidad de ocupación de 6.6 m^2 /persona. Tiene una puerta de acceso de 1.00×2.20 metros y dos ventanas que dan hacia el exterior de 1.11×1.52 metros, pero solo una de estas ventanas es de fácil apertura (figura 1).

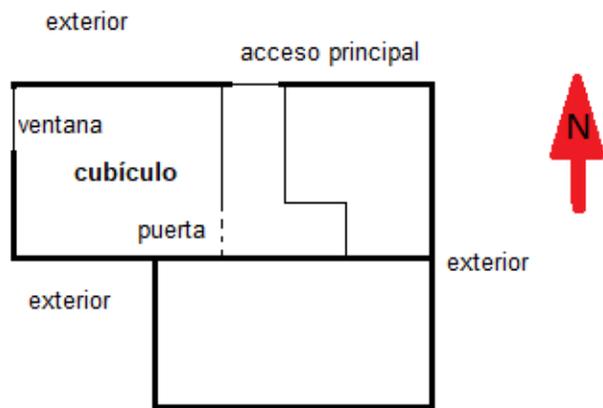


Figura 1. Boceto del cubículo de profesores.

La idea surgió a raíz de la falta de aire acondicionado y la época del año. En Tabasco, en los meses de marzo a mayo, son períodos muy calurosos. De hecho, según las normales climatológicas, para la ciudad de Villahermosa, donde se ubica la DACBioI, mayo es el mes más caluroso del año. Tiene la temperatura máxima más alta (43.5 grados Celsius) y la temperatura promedio más alta (35.2 °C) con relación a los otros meses del año (SMN, s.f.). Además, el viento dominante de la zona proviene del este y no favorece significativamente la ventilación impulsada por el viento, ya que el edificio tiene una orientación este-oeste.

Para determinar la condición térmica del cubículo, se decidió medir la temperatura y humedad relativa con un «Sensor DHT22» programado con una «tarjeta Arduino uno» para tomar lecturas cada dos minutos y llevar un registro automático de los datos. Para lograr esto se buscó en internet tutoriales que muestran detalladamente el circuito y el código para obtener los datos (Afzal, 2016; Padin, s.f.) afortunadamente hay mucha información al respecto.

Para determinar las condiciones de ventilación se midió la concentración interior de dióxido de carbono

(CO₂) con un detector portátil, tomando lecturas manuales cada 10 minutos; esto último implicó estar presente durante la jornada de trabajo, ya que el dispositivo es económico y no cuenta con registro automático de datos. Las lecturas normalmente se llevaron a cabo entre las 09:00 y 15:00 horas. Las mediciones se realizaron en dos periodos: del 14 al 24 de marzo y del 01 al 24 de mayo del 2022.

Condición térmica del cubículo

Durante los dos periodos de mediciones, los ocupantes del cubículo entraban a distintas horas y de acuerdo con su percepción abrían una puerta, la ventana o ambas, o usaban el ventilador del aire acondicionado para refrescar el espacio. Al inicio pareció buena idea anotar la hora del día que la puerta y la ventana permanecían abierta pero después se volvió tedioso y se optó por no llevar el registro. Así que la condición térmica del cubículo se evaluó en condiciones de uso real.

Una forma sencilla de evaluar la condición térmica de un espacio interior es determinando el rango de temperatura y humedad que se alcanzan, es decir, indicando el valor máximo y mínimo observado. Esto se puede hacer con los datos originales, por supuesto, después de validarlos. Por ejemplo, en marzo, la temperatura interior del cubículo varió entre los 24.9 y 31.9 grados Celsius y la humedad relativa varió entre 63 y 80 %. En mayo, la temperatura se registró y varió entre los 29.3 y 35.0 °C y la humedad relativa varió entre 44 y 73 %.

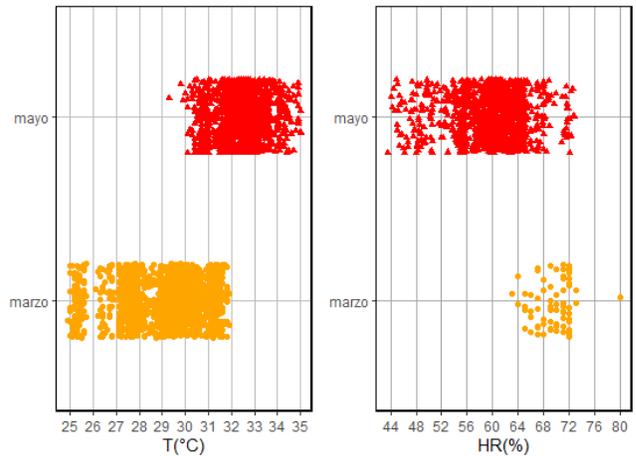
Una forma de representar esta información de forma visual es mediante una gráfica de dispersión unidimensional como la de la gráfica 1; claramente se observa que en mayo las temperaturas fueron mayores que en marzo, por ejemplo. Otra forma sencilla de hacer la evaluación es indicando la variación de la temperatura con la hora del día.

Para esto, los datos originales se agrupan por hora del día sin importar la fecha en particular y para cada grupo se obtienen estadísticos simples como la media o la mediana. Los gráficos de caja son idóneos para mostrar los resultados. La gráfica 2 es un ejemplo de este tipo de gráficas y muestra como varió la temperatura en el cubículo según la hora del día y el mes. Es fácil ver que en mayo la temperatura con la hora del día fue mayor que en marzo. La gráfica se puede explicar con más detalles si se usan como medidas de tendencia central la mediana (indicado por la barra negra horizontal dentro de las cajas) o la media (indicada por el punto negro dentro de las cajas).

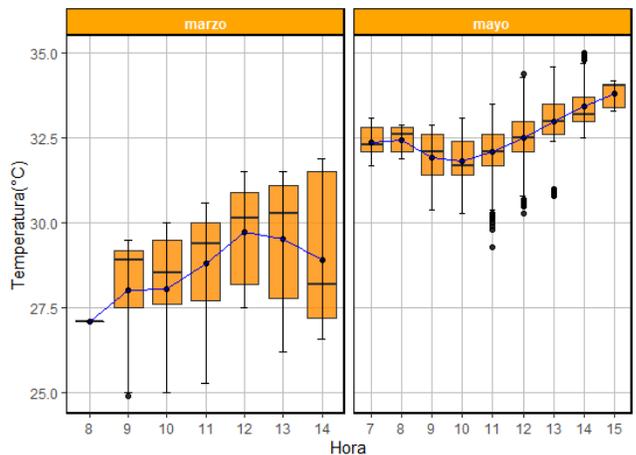
De acuerdo con la gráfica 2, en marzo la temperatura más alta fue de 30.3 grados Celsius y se presentó a las 13:00 horas, mientras que en mayo fue de 34 °C y ocurrió a las 15:00 horas. Particularmente en mayo, la temperatura del aire interior del cubículo fue aumentando desde las 10:00 hasta las 15:00 h a un ritmo de casi medio grado de temperatura por hora (0.46 C/h).

En la gráfica 3 se puede observar el comportamiento de la humedad relativa con la hora del día, y muestra que en marzo la humedad fue mayor a las 08:00 h (72 %) y en mayo fue mayor a las 09:00 h (64 %). En ambos casos, la humedad descendió con la hora del día: desde las 08:00 h en marzo y a partir de las 09:00 h en mayo a un ritmo de 0.7 y 2.0 porcentual por hora (%h⁻¹) respectivamente.

Por último, la condición térmica de un espacio se puede evaluar también con el índice de calor (IC). El IC combina la temperatura del aire y la humedad relativa para obtener una temperatura equivalente percibida por el ser humano; por eso, también se le conoce como temperatura aparente.

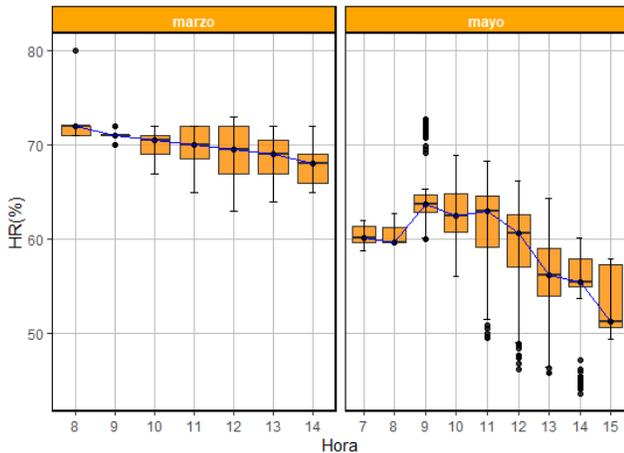


Gráfica 1. Variación de la temperatura y humedad relativa interior del cubículo en los meses de marzo y mayo.

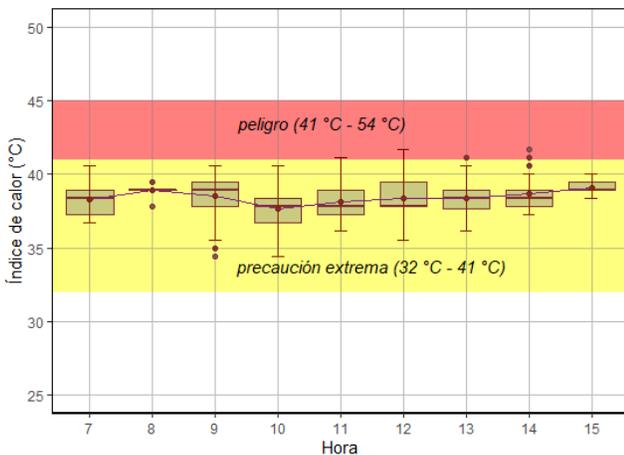


Gráfica 2. Comportamiento de la temperatura con la hora del día en el cubículo durante marzo y mayo de 2022.

Este índice tiene cuatro escalas de temperatura aparente y una calificación del posible riesgo. Por ejemplo, «precaución» si la temperatura varía entre 27 y 32 grados Celsius y «precaución extrema» si varía entre 32 y 41 °C. La ecuación que se utiliza para el cálculo del IC requiere de los datos de temperatura y humedad relativa del interior y se puede consultar en varias referencias de internet (NWS, 2022a; Wikipedia, 2022).



Gráfica 3. Comportamiento de la humedad relativa con la hora del día en el cubículo durante marzo y mayo de 2022.



Gráfica 4. Comportamiento del índice de calor con la hora del día en el cubículo en mayo de 2022.

La gráfica 4 muestra el índice de calor (IC) percibido en el interior del cubículo en el mes de mayo y con franjas de colores el rango del IC que corresponde a «precaución» y «precaución extrema» según el diagrama de «Probabilidad de trastornos por calor con exposición prolongada o actividad extenuante» (NWS, 2022b; Wikipedia, 2022). Definitivamente, el IC percibido en el cubículo estuvo en el rango de «precaución extrema».

Según el diagrama citado, una persona podría experimentar calambre y agotamiento por calor y de continuar en esa condición, hasta un golpe de calor. El NWS (2022b) considera que hay que estar alerta cuando el índice supera los 41.5 grados Celsius durante dos días consecutivos.

Ventilación del cubículo

Todas las personas emiten al ambiente dióxido de carbono (CO₂) debido al proceso de la respiración humana. La cantidad, en masa o volumen, que se emite por unidad de tiempo —tasa de generación de CO₂— depende del tipo de actividad que la persona esté realizando. En términos generales, se estima que una persona adulta que está sentada leyendo, escribiendo a máquina o realizando una actividad parecida, libera unos 20 litros de CO₂ por hora (The Engineering ToolBox, 2004a; 2004b).

Si estas personas se encuentran en un espacio cerrado, la concentración de CO₂ aumentará con el tiempo y si tiene ventilación natural (a través de puertas y ventanas abiertas) o forzada (con extractor de aire, por ejemplo) alcanzará un valor fijo después de cierto tiempo. Por lo que, los niveles alcanzados de CO₂ indican si un espacio está bien ventilado o no.

Típicamente, si la concentración de CO₂ es menor que 1,000 partes por millón (ppm) se considera que el espacio está bien ventilado. Si la concentración es muy superior a 1,000 ppm se considera que el espacio está mal ventilado. Si hay mala ventilación, una exposición prolongada a concentraciones superiores a 1,000 ppm produce efectos que, aunque podrían no ser mortales, si generan incomodidad, por ejemplo, somnolencia, mareo, falta de aire, etcétera, debido a que el mismo CO₂ que la persona exhala lo vuelve a respirar (The Engineering Toolbox, 2008; Bonino, 2016).

Una forma sencilla de saber que concentración de dióxido de carbono (CO_2) se pueden alcanzar en un espacio cerrado ocupado por cierta cantidad de personas es el uso de calculadoras online.

La calculadora de la página web "The Engineering Toolbox" es fácil de usar (The Engineering Toolbox, 2004b). Por ejemplo, considerando a tres personas en una habitación de 173 m^3 , respirando 20 litros de CO_2 por hora, con una concentración inicial y entrante de 380 ppm, tasa de intercambio de aire de 0.25 h^{-1} y un tiempo de permanencia de una hora, la concentración estimada fue de 687 ppm (figura 2). Cuando han pasado dos, tres y cuatro horas, las concentraciones respectivas estimadas fueron 926, 1,122 y 1,257 ppm. Según la calculadora, tres horas después la concentración de CO_2 será superior a 1,000 ppm.

Hay calculadoras un poco más sofisticadas como la de la página web "Omni Calculator". Suponiendo un cuarto no ventilado, que está vacío originalmente, donde tres personas permanecen durante ocho horas realizando trabajo no extenuante, la calculadora estima concentraciones de 15,098 a 22,035 ppm; si suponemos una oficina de negocios la concentración esperada es de 377 ppm y si suponemos un cuarto de conferencias 283 ppm (Alambra & Czernia, 2022).

Calculadoras, como las anteriores, emplean ecuaciones matemáticas para estimar la concentración de dióxido de carbono (CO_2) en espacios ocupados. Para obtener estas ecuaciones, primero se realiza un balance de masa para el CO_2 que emiten las personas en el proceso de respiración. El balance corresponde a una habitación, cuarto u oficina con puertas y ventanas que puede estar cerradas o abiertas y en donde hay cierta cantidad de personas (figura 3).

El resultado del balance es una ecuación diferencial cuya solución es otra ecuación que permite calcular la concentración de CO_2 en el aire interior. Es fácil hacer este tipo de balances de masa.

Si deseas saber más de este tema, recomendamos visitar el sitio electrónico "LearnChemE" (<https://learncheme.com>). También puedes resolver la ecuación diferencial de balance de masa con ayuda de motores matemáticos en internet como "WolframAlpha" (www.wolframalpha.com).

Figura 2. Imagen de una calculadora que estima CO_2 en un compartimento simple ocupado.

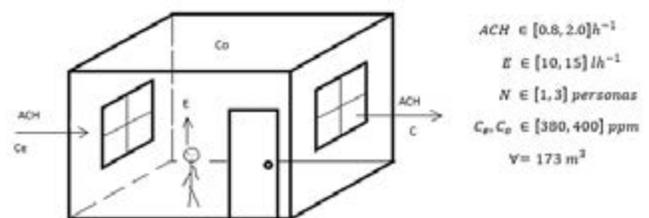


Figura 3. Esquema de un balance de masa del CO_2 interior en un compartimento simple.

Así, si el espacio está cerrado, el cálculo de la concentración de CO_2 se hace con la ecuación uno y si esta ventilado (natural o artificialmente) con la ecuación dos (figura 4).

Ecuación 1:

$$C(t) = C_o + \left(\frac{N \cdot E}{V}\right) \cdot t$$

Ecuación 2:

$$C(t) = \left(C_e + \frac{N \cdot E}{ACH \cdot V}\right) \cdot (1 - e^{-ACH \cdot t}) + C_o \cdot e^{-ACH \cdot t}$$

Figura 4. Ecuaciones para el cálculo de la concentración de CO₂.

En ambas ecuaciones, E es la tasa de emisión de CO₂ en litros por hora por persona, C_o es la concentración inicial de CO₂ en la habitación y C_e es la concentración de CO₂ en el aire exterior, que en áreas no contaminadas puede ser de 380 a 400 ppm, es el volumen del espacio en metros cúbicos (m³), N es el número de ocupantes en el cuarto y ACH , es la tasa de intercambio de aire por hora.

Muchas veces, la concentración obtenida con un modelo matemático y el valor medido no son el mismo. Esto se debe a la incertidumbre asociada a los valores de los parámetros de los modelos. Por ejemplo, en condiciones de uso reales, a veces es impráctico llevar un registro exacto del número N de personas que ocuparon el espacio durante cada hora de trabajo o estancia. También hay que considerar que la tasa de emisión E de CO₂ de cada individuo es variable; no solo depende de la actividad que realice la persona, sino que incluso depende de su edad, peso y talla. Por otra parte, aún en un caso sencillo es difícil conocer de antemano la tasa de intercambio de aire ACH que se asocia al flujo de aire que entra del exterior al interior. Porque habrán de saber que, aunque un espacio esté cerrado, hay aberturas alrededor de ventanas y puertas por donde el aire puede fluir del exterior al interior y viceversa.

Una forma de lograr que las ecuaciones uno y dos den resultados comparables con los valores observados, es asociar en lugar de un valor fijo, un rango adecuado de valores a los parámetros: ACH , E , N , C_o y C_e . Posteriormente, la concentración se calcula muchas veces permitiendo que se asigne un

valor aleatorio a los parámetros cada vez que se realiza un cálculo y después se toma un valor representativo como la media o la mediana. Esto requiere un poco de programación y fue el procedimiento seguido para simular la concentración de CO₂ esperada en el cubículo de profesores.

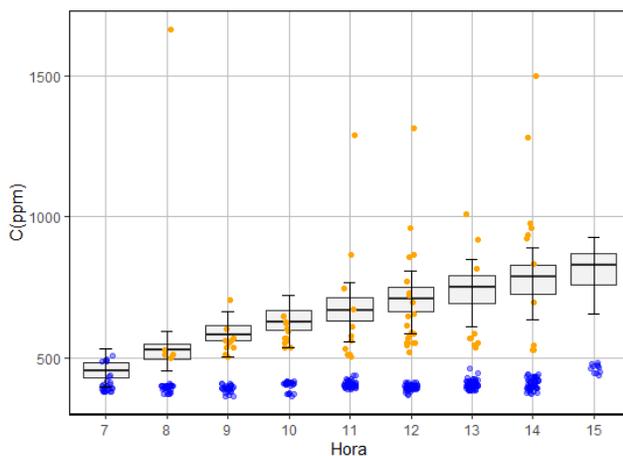
Mediante y a través de un entorno y lenguaje de programación con un enfoque al análisis estadístico como es el programa «R®», se calculó la concentración de CO₂ asignando valores aleatorios a ACH , E , N , C_o y C_e dentro del rango mostrado en la figura 3. Por ejemplo, con la función "sample" se seleccionó un valor de entre 1, 2, 3 para N y del mismo modo se seleccionó la condición del cubículo: 0 con puertas y ventanas cerradas y 1 con puertas y ventanas abiertas. Con la función "runif" se simuló una distribución uniforme de los parámetros ACH , E , C_o y C_e . Los detalles de la corrida pueden consultarse en línea en el portal de publicaciones de «Rpubs» (Ramos, 2022).

La gráfica 5 muestra la concentración de CO₂ medida en el cubículo y los valores estimados con las ecuaciones uno y dos anteriores. Los marcadores de color naranja corresponden a las lecturas de la concentración en el mes de marzo con el detector portátil. Los marcadores azules corresponden a los valores medidos el 23 y 24 de mayo con un detector con registro automático de datos cada dos minutos y no fue necesario estar presente, así que la mayor parte del tiempo el cubículo permaneció desocupado. La gráfica de cajas corresponde a los resultados obtenidos con las ecuaciones uno y dos, donde para cada hora del día se hicieron mil repeticiones del cálculo de la concentración de CO₂.

En marzo, la concentración de CO₂ en el cubículo varió entre 498 y 1,665 ppm. Durante mayo, la concentración de CO₂ varió entre 364 y 507 ppm. Los datos de marzo muestran que la concentración de CO₂ aumento con la hora del día.

Las concentraciones simuladas mostraron también la misma tendencia. Aunque hubo valores individuales que en marzo excedieron las 1,000 ppm (el 7 % del total), la tendencia horaria fue a registrar concentraciones medianas menores a 1,000 ppm en el cubículo.

Se puede ultimar que el cubículo tiene una ventilación adecuada que no permite que se acumule el CO₂ o también podría significar que el volumen, 173 m³, es grande como para que el aire interior mantenga diluida la concentración por varias horas.



Gráfica 5. Comportamiento de la concentración de CO₂ en ppm en condiciones de uso reales

Conclusión

Usando como criterio el índice de calor y el diagrama de «Probabilidad de trastornos por calor con exposición prolongada o actividad extenuante», la temperatura y la humedad relativa ubicaron la condición térmica del cubículo en el rango de «precaución extrema» en el mes de mayo.

Por otro lado, los niveles de dióxido de carbono (CO₂) indicaron que el cubículo tiene una ventilación

aceptable en condiciones de uso real aun con la condición térmica observada que hace la estancia desagradable a los ocupantes. La condición térmica se podría mejorar si se instala por lo menos un ventilador de techo y se adecua una ventana para favorecer más el intercambio de aire con el exterior.

Ahora, tomando en cuenta que las olas de calor están aumentando, sería bueno empezar a evaluar la condición térmica y la tasa de ventilación de los espacios interiores comunes, como viviendas familiares, por ejemplo, para proporcionar alternativas que mejoren el confort térmico en condiciones naturales o con ventilación forzada, pero económica. Esto permitirá hacer ajustes al espacio.

Pensando un poco más allá, quienes diseñan oficinas, residencias familiares, etcétera, deberían incluir simulaciones computacionales para evaluar el confort térmico de modo que se premie la ventilación natural al máximo.

Referencias

Afzal, M. (2016, April 17). Temperature monitoring with DHT22 & Arduino. *Hackster, community dedicated to learning hardware* [Web]. Accessed July 27, 2022 in <https://www.hackster.io/mafzal/temperature-monitoring-with-dht22-arduino-15b013>

Alambra, K. & Czernia, D. (2022). CO₂ Breathing Emission Calculator. *Omni Calculator* [Web]. Accessed July 27, 2022, in <https://www.omnicalculator.com/ecology/co2-breathing-emission#do-humans-breathe-out-carbon-dioxide>

Alghamdi, S.; Tang, W.; Kanjanabootra, S. & Alterman, D. (2022). Effect of architectural building design parameters on thermal comfort and energy Consumption in higher education buildings. *Buildings*, 12(4): 329. <https://dx.doi.org/10.3390/buildings12030329>

Bonino, S. (2016, April 01). Carbon dioxide detection and indoor air quality control. *Occupational Health & Safety (OH&S)* [Web]. Accessed July 27, 2022, in <https://ohsonline.com/articles/2016/04/01/carbon-dioxide-detection-and-indoor-air-quality-control.aspx>

NWS (National Weather Services). (2022a). What is the heat index?. *NWS - National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* [Web]. Accessed July, 27, 2022, in <https://www.weather.gov/ama/heatindex>

NWS (National Weather Services). (2022b). Heat forecast tools?. *NWS - National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* [Web]. Accessed July, 27, 2022, in <https://www.weather.gov/safety/heat-index>

Padin Romero, B. (s.f.). Sensores: Sensor DHT22 de humedad y temperatura. *Sensores de bajo coste en el laboratorio de Física - Física con Arduino* [Web]. Consultado el 29 de julio del 2022, en <https://fisica-arduino.gitbook.io/sensores/sensores/sensor-de-humedad-dht22>

Ramos Herrera, S. (2022, septiembre). Simulación de la calidad del aire interior con R. *R Pubs by RStudio - Easy web publishing from R* [Web]. Consultado el 04 de septiembre de 2022, en <https://rpubs.com/Sergiorhe/calidad-aire-interior>

SMN (Servicio Meteorológico Nacional). (s.f.) Normales climatológicas por Estado: Tabasco. *SMN - Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)* [Web]. Consultado el 29 de julio del 2022, en <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado?estado=tab>

Stouhi D. (2021, June 23). Back to basics: natural ventilation and its use in different contexts. *ArchDaily, part of DAAILY platforms AG* [Web]. Accessed July, 24, 2022, in <https://www.archdaily.com/963706/back-to-basics-natural-ventilation-and-its-use-in-different-contexts>

The Engineering ToolBox. (2004a). Carbon dioxide emission from the human body vs. Activity. *The engineering ToolBox - Resources, Tools and Basic Information for Engineering and Design of Technical Applications!* [Web]. Accessed July 27, 2022, in https://www.engineeringtoolbox.com/co2-persons-d_691.html

The Engineering ToolBox. (2004b). Carbon dioxide concentration in rooms occupied with people. *The engineering ToolBox - Resources, Tools and Basic Information for Engineering and Design of Technical Applications!* [Web]. Accessed July 27, 2022, in https://www.engineeringtoolbox.com/pollution-concentration-rooms-d_692.html

The Engineering ToolBox. (2008). Carbon Dioxide Concentration - Comfort Levels. *The engineering ToolBox - Resources, Tools and Basic Information for Engineering and Design of Technical Applications!* [Web]. Accessed July 27, 2022, in https://www.engineeringtoolbox.com/co2-comfort-level-d_1024.html

Wikipedia. (2022). Heat index. *Wikipedia, The Free Encyclopedia* [Web]. Accessed July, 29, 2022, in https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Heat_index&oldid=1275214313

MICROBIOLOGÍA: LA PALINOLOGÍA Y SU IMPORTANCIA

MICROBIOLOGY: PALYNOLOGY AND ITS IMPORTANCE

Marcela Alejandra Cid Martínez

Bióloga por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Maestra en Ciencias Biológicas con orientación en sistemática por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Especialista en aerobiología, palinología y Síndrome del edificio enfermo; actualmente profesora-investigadora de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBio) en la UJAT.

Centro de Investigación para la Conservación y Aprovechamiento de Recursos Tropicales (CICART), División Académica de Ciencias Biológicas (DACBio); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Carretera Federal #180 (Villahermosa-Cárdenas) km 0.5 S/N; entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86150. Villahermosa, Tabasco; México.

✉ marcela.cid@ujat.mx

 0000-0002-9284-8927

Como referenciar:

Cid Martínez, M.A. (2023). Microbiología: la palinología y su importancia. *Kuxulkab'*, 29(63): e5549, enero-abril. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a29n63.5549>

Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/5549>

DOI:

<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a29n63.5549>

Resumen

La palinología es una disciplina científica que estudia las características morfológicas de los granos de polen y esporas fósiles y actuales, además toma en cuenta la dispersión, preservación y su aplicación para beneficio de la sociedad. Los caracteres taxonómicos de los palinomorfos nos permiten clasificarlos, aun cuando no se sabe la planta que le dio origen como ocurre en aerobiología, melisopalynología, palinología forense, palinoestratigrafía y arqueopalynología; por ello, es muy importante saber describirlo. Estos microorganismos con indicadores biológicos del tipo de vegetación circundante a las zonas de estudio, lo que los hace valioso para conocer el clima en una región.

Palabras clave: Polen; Morfología polínica; Esporoderma.

Abstract

Palynology is a scientific discipline that studies the morphological characteristics of pollen grains and fossil and current spores, also takes into account the dispersal, preservation and its application for the benefit of society. The taxonomic characters of the palynomorphs allow us to classify them, even when the plant that gave rise to them is unknown, as occurs in aerobiology, melissopalynology, forensic palynology, palinostratigraphy and archeopalynology; therefore, it is very important to know how to describe it. These microorganisms with biological indicators of the type of vegetation surrounding the study areas, which makes them valuable to know the climate in a region.

Keywords: Pollen; Pollen morphology; Sporoderm.

Palinología, es una disciplina científica relativamente nueva, integrada en la botánica. El término fue propuesto en 1944 por Hyde y Williams, deriva del griego "*Palunein*" que significa rociar; del latín "*Pollen*" que equivale a harina o polvo fino, y "*logos*" que expresa estudio. El propósito en un principio fue estudiar la morfología de los granos de polen de plantas espermatófitas y de las esporas, tanto actuales como fósiles; posteriormente se interesaron en la dispersión, preservación y aplicación, de tal manera que hoy es considerada como la ciencia de los palinomorfos (Moore, Webb, & Collison, 1991; Halbritter, Ulrich, Grímsson, Weber, Zetter, Hesse, Buchner, Svojtka & Frosch-Ravido, 2018; Sosa, s.f.). Debido al tamaño de los pólenes y esporas, se emplean como herramientas invaluable los microscopios, por ende, son considerados como microorganismos y los estudia la microbiología.

¿Para qué sirve?

Los estudios palinológicos son importantes por las aplicaciones que esta tiene en diferentes áreas del conocimiento, como por ejemplo:

- ✓ Arqueología donde se puede saber de qué se alimentaban las antiguas civilizaciones (López, López & Burjachs, 2003; Medina, Grill & López, 2008; Iriarte & Arrizabalaga, 2010; Ibarra-Morales & Fernández-Galán; 2012);
- ✓ Paleoestratigrafía donde se pueden realizar estudios de zonación, caracterización y datar los diferentes estratos de una montaña o cantera (Di Pasquo, Azcuy & Souza, 2003; Ritter & Sommer, 2021);
- ✓ Paleoclimatología donde es posible reconstruir el paisaje vegetal de una región en particular a partir de los depósitos de polen (indicadores biológicos) y determinar así las condiciones climáticas de dicha región en el pasado (Sosa, s.f.);

- ✓ Apicultura donde se puede dar origen botánico a las mieles (Martínez, Cuadrilero, Téllez-Valdez, Ramírez, Sosa, Melchor, Medina & Lozano, 1993);
- ✓ Estudios forenses donde el polen puede generar posibles escenarios criminales (Martínez-Sánchez, Fernández & Carrión, 2008; Povilauskas, 2010);
- ✓ Salud pública donde se establecen modelos de liberación de polen alergénico y vacunas para prevenir a la población (Fægri, 1956; Valero & Cadahía, 2002; O'Farrill-Romanillos, Bermúdez-Márquez, Maldonado-Domínguez, López-Moreno, Reyes-Aguilar, Rivera-Alvarado, Ruiz-López & Herrera-Sánchez, 2022) y finalmente
- ✓ Estudios básicos de botánica (Moore *et al.*, 1991; Montoya-Pfeiffer, León-Bonilla & Nates-Parra, 2014).

¿Cómo se estudia el grano de polen en microbiología?

El polen es el microgameto masculino cuyo tamaño varía de 10 a 250 μm de diámetro, constituido por moléculas orgánicas muy resistentes y se forman en las plantas espermatófitas; contiene la información genética indispensable para la fecundación. Los pólenes se forman en los sacos polínicos; que en el caso de las gimnospermas se localizan en las piñas o conos masculinos y en las angiospermas se ubican en las anteras de las flores (figura 1).

Para estudiar los pólenes, los taxónomos y los aerobiólogos ponen especial atención a las características morfológicas medibles (llamados también caracteres taxonómicos) como son el tamaño, la forma, la ornamentación, la estructura y las aberturas, estos les permiten describirlos e identificarlos.

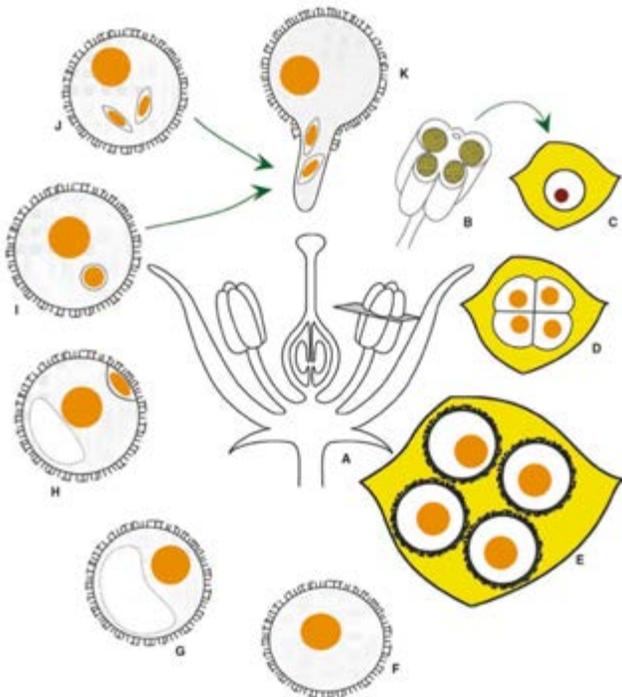


Figura 1. Desarrollo de polen en angiospermas (Halbritter *et al.*, 2018, p 25).

Nota: A) Ilustración de una flor de angiosperma; B) Sección transversal de antera; C) Célula madre de polen rodeada en calosa (núcleo diploide de color rojo oscuro); D) Tétrada de cuatro microsporas haploides encerrado en calosa (núcleo haploide naranja); E) Formación de pared de polen y separación de microsporas; F) Una microspora libre con núcleo central haploide; G) Comienzo de la gametogénesis, formación de una vacuola central (blanca); H) Primero mitosis del polen, célula generativa en forma de lente con núcleo generativo adherido a la pared del polen; I) Grano de polen bicelular, célula generativa desprendida de la pared de polen; J) Grano de polen de tres células, dos espermatozoides y una célula vegetativa; K) La germinación puede ocurrir a partir de un grano de polen.

Caracteres taxonómicos polínicos

Como anteriormente se mencionó, la morfología del polen maduro comúnmente permite identificar la especie del cual proviene; por este motivo la identificación de los caracteres polínicos es de gran importancia en la taxonomía.

Las características morfológicas del polen son inalterables dentro de una misma especie, por ello, cuando describimos a los granos de polen se toma en cuenta la asociación, polaridad, simetría, forma, tamaño, estructura, ornamentación, tipo, número y

posición de las aberturas, además de otros caracteres que ayudan a conocer la morfología polínica importante en diversas disciplinas.

Asociación. Un vez que el polen ha madurado en la antera, debe ser liberado de manera individual o en asociaciones de dos, de cuatro o más granos dependiendo de la familia taxonómica a la que pertenezca; debido a ello lo podemos catalogar como mónadas, diadas, tétradas o poliadas, a veces incluso toda la masa de los granos de polen formados en una antera se propaga juntos, constituyendo las llamadas polinias (figura 2). (Erdtman, 1943; Jaramillo & Trigo, 2011).

Polaridad. La formación del grano de polen en la tétrada, se disponen de tal manera que se pueden identificar caras distintas de una mónada dentro de ella; así tendremos una cara muy cerca de la tétrada llamada polo o cara proximal y una cara que se encuentra en el extremo opuesto, es decir, más alejado del centro llamada polo o cara distal (figura 2, número 1).

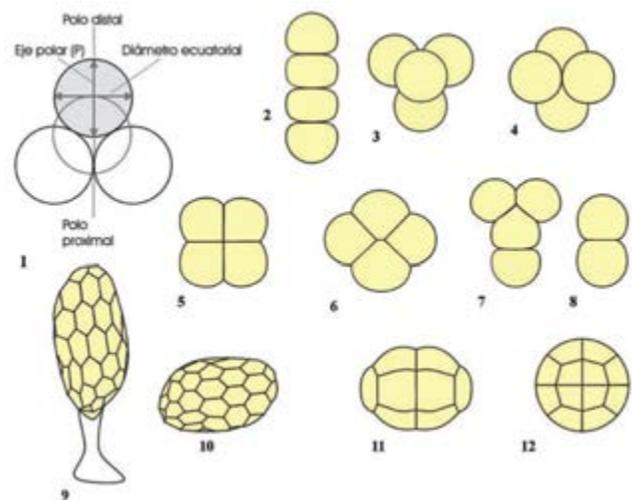


Figura 2. Polaridad y distintos grados de agrupación de los granos de polen (Jaramillo & Trigo, 2011).

Nota: 1 Polaridad; 2-7 Diferentes tipos de tétradas: lineal (2), tetraédrica (3), decusada (4), cuadrangular (5), romboidal (6), en forma de T (7); 8 díada; 9-10 polinias; 11-12 poliadas.



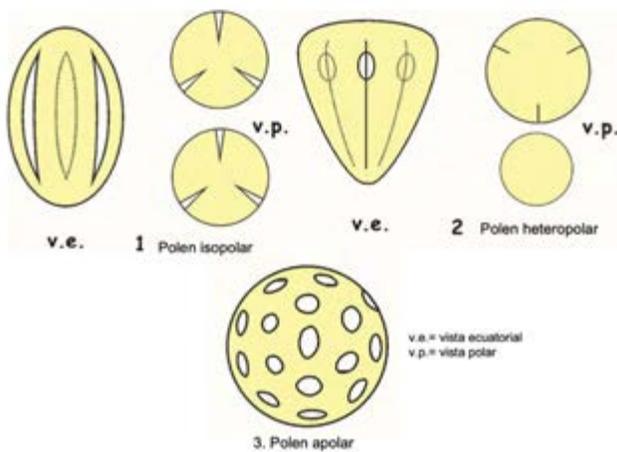


Figura 3. Tipos de polaridad de los granos (Jaramillo & Trigo, 2011).

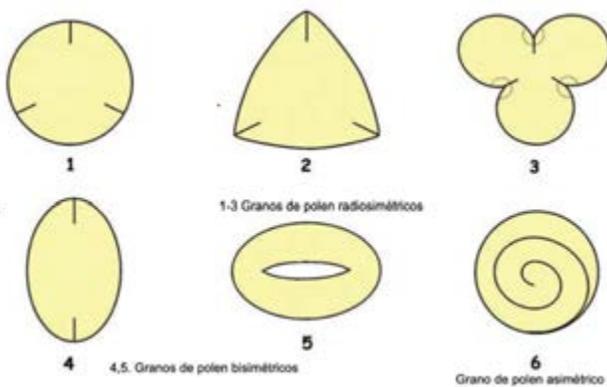


Figura 4. Simetría (Jaramillo & Trigo, 2011).

Nota.: 1-3 granos de polen radiosimétricos; 4-5 granos de polen bisimétricos; 6 grano de polen asimétrico.

Cuando el polo proximal y el polo distal son iguales en forma y en tamaño, se dice que el grano de polen es isopolar (figura 3). Cuando ambos polos difieren en forma o en tamaño, o uno de ellos presenta una abertura que no está presente en el otro, se considera como heteropolar. Cuando es imposible definir la polaridad de un grano de polen, se dice que es apolar (Trigo, Melgar, García, Recio, Docampo & Cabezudo, 2007; Hesse, Halbritter, Zetter, Weber, Buchner, Frosch-Ravido & Ulrich, 2009).

Simetría. La simetría del grano de polen se define siempre en vista polar. Un grano de polen radiosimétrico es aquél que presenta tres o más planos de simetría (Saénz, 2004; Trigo *et al.*, 2007). Cuando posee sólo dos planos de simetría se cataloga como bisimétrico. A veces los pólenes, debido sobre todo a la disposición de las aberturas, no presentan ningún plano de simetría, a estos últimos se les conoce como asimétricos (figura 4).

Forma y tamaño. La forma de un grano de polen se define en vista ecuatorial, al medir los ejes polares y ecuatoriales (figura 2, numero 1), se divide posteriormente el valor del eje polar entre el valor del eje ecuatorial y la cantidad resultante, nos permite establecer la forma al revisar la tabla de valores propuesta por Erdtman (1943; 1957); de igual manera, el tamaño de un grano de polen se define en función del eje (P o E) de mayor longitud, una vez que tenemos esto, revisamos la tabla de valores y se define el tamaño (tabla 1). En el caso de granos de polen apolares se toma la medida de su diámetro.

Estructura de la pared del polen. La pared del polen llamada también esporodermo, tiene la función de delimitar y proteger el contenido de factores físicos o químicos ambientales; se caracteriza por ser muy resistente. Está formada por dos capas totalmente distintas en su composición y estructura (figura 5): la intina que es la capa más interna, compuesta de dos sustancias que le permite mantenerse hidratada y que a su vez pueda a aumentar de tamaño, su función principal es la formación del tubo polínico; y la exina es la capa más externa, formada por esporopolenina, uno de los compuestos más resistentes de la naturaleza por lo cual tenemos evidencia de pólenes fosilizados que han soportado ácidos fuertes y que han permanecido en los sedimentos de millones de años hasta la actualidad (Fægri, 1956; Moore *et al.*; Valero & Cadahí; Halbritte *et al.*, 2018).

Tabla 1. Clasificación de Erdtman (1943) en función de la relación P/E para obtener la forma y el tamaño del grano de polen.

Forma del grano de polen		Tamaño del grano de polen	
Relación P/E	Forma	Medidas en micras	Tamaño
< 0,50 μm	Peroblado	< 10 μm	Muy pequeños
0,50-0,75 μm	Oblado	De 10 a 25 μm	Pequeños
0,75-0,88 μm	Suboblado	De 25 a 50 μm	Medianos
0,88-1 μm	Oblado-Esferooidal	De 50 a 100 μm	Grandes
1 μm	Esferooidal	De 100 a 200 μm	Muy grandes
1-1,14 μm	Prolado-Esferooidal	> 200 μm	Gigantes
1,14-1,33 μm	Subprolado		
1,33-2 μm	Prolado		
> 2 μm	Perprolado		

debajo del tectum, sobre el que se dispone una parte más o menos engrosada; el tectum puede ser continuo o no. Otros autores, atendiendo a criterios fisicoquímicos, consideran otras dos capas, la endexina y la ectexina; generalmente empleadas cuando se observan los pólenes en microscopía electrónica (Erdtman, 1943; Fægri, 1956; Moore *et al.*; Hesse *et al.*, 2009; Jaramillo & Trigo, 2011).

La ausencia o presencia de elementos esculturales sobre la pared del polen y la disposición de éstos, propician una característica llamada ornamentación, que se observa al microscopio como si el esporoderma presentará relieve. Siendo una respuesta adaptativa a los procesos de dispersión y polinización (Moore *et al.*; Saénz; Hesse *et al.*; Halbritter *et al.*).

Los elementos esculturales que se disponen sobre el tectum pueden tener diferente morfología y tamaño (figura 6), éstos pueden ser de varios tipos:

- Gránulo: se trata de elementos debajo del tectum más o menos isodiamétricos, obtusos y de menos de 1 μm de diámetro. En tal caso, el grano de polen se denomina granuloso.
- Verruga: se trata igualmente de elementos isodiamétricos, obtusos de más de 1 μm de diámetro. En este caso los granos de polen se denominan verrugosos.
- Espínula: elemento cónico, de punta aguda o redondeada de menos de 3 μm de longitud. Los granos de polen que presentan espínulas se denominan equinados.
- Espina: al igual que la espínula es un elemento cónico de punta aguda o redondeada, pero, en este caso, de más de 3 μm de longitud. Los granos de polen con espinas se denominan equinados.
- Gema: la gema es un elemento obtuso, de más de 1 μm de diámetro, más alto que ancho y que se encuentra constreñido en la base. En este caso, el grano de polen se denomina gemado.

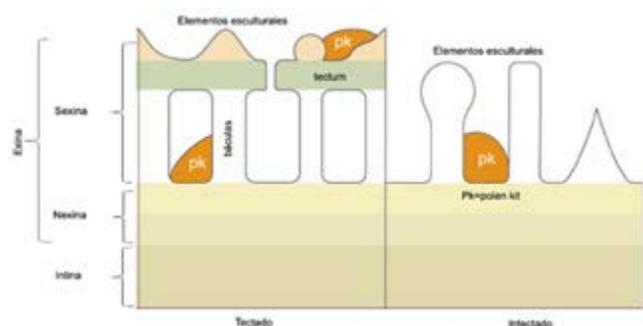


Figura 5. Esporoderma y su estructura (modificado de Halbritter *et al.*, 2018).

La exina está organizada a su vez por dos capas: la nexina y la sexina; la primera es homogénea en su morfología y tiene una posición interna, mientras que la segunda es heterogénea y consta de unos elementos alargados a modo de pilares, llamadas columelas o báculas que, en conjunto, se localizan

- Clava: elemento más o menos comprimido, de más de 1 µm de longitud, más alto que ancho, y que se ensancha progresivamente hacia el ápice. En tal caso se dice que los granos de polen son clavados.
- Báculo: elemento cilíndrico, más largo que ancho y de más de 1 µm de longitud. Los granos de polen que presentan báculos se denominan baculados.
- Pila: elementos más o menos cilíndricos, de más de 1 µm de longitud, más largos que anchos que presentan una dilatación brusca en la parte apical. Los granos de polen provistos de pilas se denominan pilados (Trigo *et al.*).

mayor que 2 µm, la longitud siempre medida en el sentido del eje polar pero cuando aparece una abertura alargada y dispuesta perpendicularmente al eje polar, se denomina sulco. Son poros cuando la relación longitud/anchura es menor que 2 µm, estando la longitud, como ya indicábamos anteriormente, medida en el sentido del eje polar. Cuando las aberturas afectan a una capa de la exina (sexina) se le denomina simple, sin embargo, cuando las dos capas de la exina están ausentes (sexina y nexina) se le denomina compuesta (Trigo *et al.*, 2007; Hesse *et al.*, 2009; Jaramillo & Trigo, 2011) (figura 7).

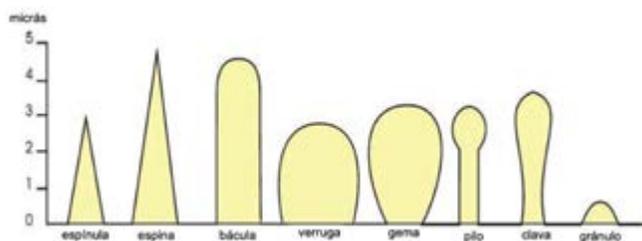


Figura 6. Elementos supratectales o esculturales.

Aberturas. Una abertura es un área definida o diferenciada del resto de la superficie del polen y entre sus funciones podemos establecer las siguientes: a través de ella emerge el tubo polínico previo a la fecundación; favorecen los cambios de volumen del grano de polen, permitiendo su acomodación a los distintos grados de humedad (función harmomégata); intercambio iónico y por último, intervienen en el reconocimiento alélico (incompatibilidad) (Saéñz; Trigo *et al.*; Hesse, *et al.*; Halbritter *et al.*).

Existen dos tipos de aberturas, los colpos y los poros. Son colpos cuando la relación longitud/anchura es

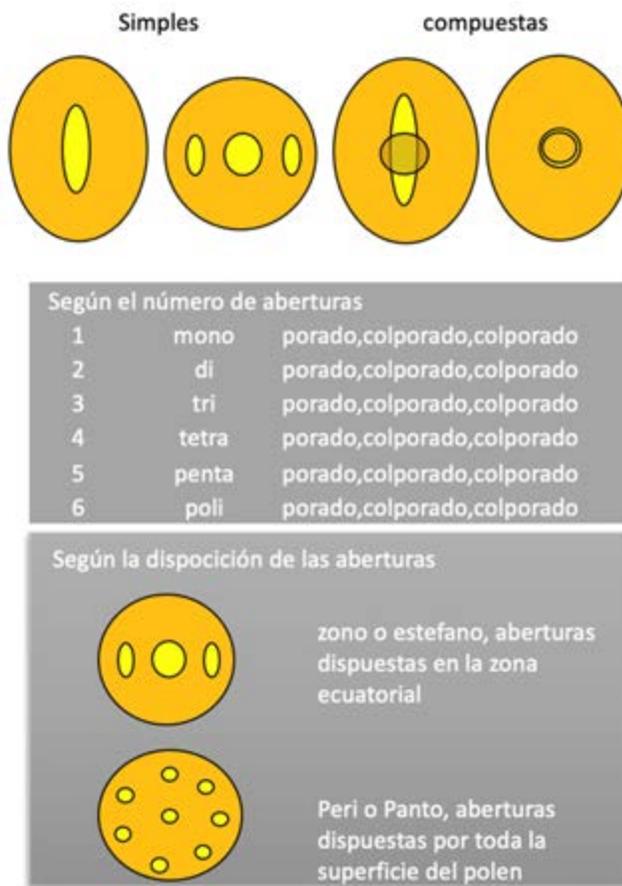


Figura 7. Tipos de aberturas.

El «Sistema NPC» es una nomenclatura propuesta por Erdtman (1957) que permite caracterizar tipos polínicos con base al número (N), la posición (P) y el carácter de las aberturas (C). El nombre del tipo polínico se construye mediante estos tres aspectos morfológicos combinados del granos de polen.

Finalmente, el grano de polen puede variar en su color ya que puede ir desde el blanco cremoso hasta el café oscuro, como también puede presentar coloraciones amarillas, naranja, rojo, verde e inclusive hialino esto dependiendo del origen taxonómico y de la composición química de sus metabolitos.

Referencias

Di Pasquo, M.; Azcuy, C.L. & Souza, P.A. (2003). Palinología del Carbonífero superior del subgrupo Itararé en Itaporonga, Cuenca Paraná, Estado de São Paulo, Brasil. Parte 2: sistemática de polen y significado paleoambiental y estratigráfico. *Ameghiniana (Asociación Paleontológica Argentina)*, 40(3): 297–313. Recuperado de <https://www.ameghiniana.org.ar/index.php/ameghiniana/article/download/960/1724/10893>

Erdtman, G. (1943). *An introduction to pollen analysis* (A new series of plant science books, Verdoorn, F. (ed.); Vol. 12; p. 240). Waltham, Mass., U.S.A.: Chronica Botanica Company. Recovered from: <https://ia801402.us.archive.org/0/items/in.ernet.dli.2015.214950/2015.214950.An-Introduction.pdf>

Erdtman, G. (Ed.). (1957). *Pollen and spore morphology / Plant taxonomy, Gymnospermae, Pteridophyta, Bryophyta* (an introduction to palynology; Vol. II; p. 151). Stockholm: Almqvist & Wiksell; Ronald Press Co.

Fægri, K. (1956). Recent trends in palinology. *The Botanical Review*, 22(9): 639–664. <https://doi.org/10.1007/BF02872374>

Halbritter, H.; Ulrich, S.; Grímsson, F.; Weber, M.; Zetter, R.; Hesse, M.; Buchner, R.; Svojtka, M. & Frosch-Radivo, A. (2018). *Illustrated Pollen Terminology* (Second Edition; p. 483). Springer Open. ISBN (eBook): 978-3-319-71365-6. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-71365-6>

Hesse, M.; Halbritter, H.; Zetter, R.; Weber, M.; Buchner, R.; Frosch-Radivo, A. & Ulrich, S. (2009). *Pollen terminology: An illustrated handbook*. Austria: Springer-Verlag/Wien. ISBN 978-3-211-79893-5.

Ibarra-Morales, E. & Fernández-Galán, B.S. (2012). El estudio del polen antiguo: problemas y estrategias en el laboratorio. *Revista especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 15(1): 62–66. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2012000100006&lng=es&tlng=es

Iriarte Chiapusso, M.J. & Arrizabalaga Valbuena, A. (2010). La aportación de la palinología al estudio de la arqueología de la muerte: planificando una estrategia. *Kobie Serie Paleoantropología*, (29): 73–84. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7728120&orden=0&info=link>

Jaramillo Díaz, P. & Trigo, M.M. (2011). *Guía rápida de polen de las Islas Galápagos* (Versión 1; p. 261). Fundación Charles Darwin; Universidad de Málaga. Recuperado de <https://www.darwinfoundation.org/es/recursos/identificacion-guides/guia-rapida-de-polen-de-las-islas-galapagos/>

López Sáez, J.A.; López García, P. & Burjachs, F. (2003). Arqueopalinología: síntesis crítica. *Polen*, (12): 5–35. <http://hdl.handle.net/10261/94421>

Martínez Hernández, E.; Cuadrillero Aguilar, J.; Téllez-Valdez, O.; Ramírez Arriaga, E.; Sosa Najera, M.S.; Melchor Sánchez, J.E.; Medina Camacho, M. & Lozano García, M.S. (1993). *Atlas de las plantas y el polen utilizados por las cinco especies principales de abejas productoras de miel en la región del Tacaná, Chiapas, México* (p. 105). Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). ISBN 10: 968-36-2821-4, ISBN 13: 978-968-36-2821-3.

Martínez-Sánchez, M.; Fernández, S. & Carrión, J. (2008). Palinología y escenario forense: un caso de estudio del sureste de España. *Anales de Biología*, (30): 43–54. <https://revistas.um.es/analesbio/article/view/54181>

Medina, M.E.; Grill, S.C. & López, M.L. (2008). Palinología arqueológica: su implicancia en el estudio del prehispánico tardío de las sierras de Córdoba (Argentina). *Intersecciones en Antropología*, (9): 99–112. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1795/179514533008.pdf>

Montoya-Pfeiffer, P.M.; León-Bonilla, D. & Nates-Parra, G. (2014). Catálogo de polen en mieles de “*Apis mellifera*” provenientes de zonas cafeteras en la Sierra Nevada de Santa Marta, Magdalena, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38(149): 364–384. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082014000400003

Moore, P.D.; Webb, J.A. & Collison, M.E. (1991). *Pollen analysis* (Second edition; p. 216). London: Blackwell Scientific Inc. ISBN-10: 0865428956; ISBN-13: 978-0865428959

O’Farrill-Romanillos, P.M.; Bermúdez-Márquez, J.E.; Maldonado-Domínguez, E.D.; López-Moreno, N.V.; Reyes-Aguilar, J.J.; Rivera-Alvarado, K.L.; Ruiz-López, S.P. & Herrera-Sánchez, D.A. (2022). Pollen-food syndrome: A review with a twist. *Revista Alergia México*, 69(Supl. 1): 38–245. <https://doi.org/10.29262/ram.v69iSupl1.1018>

Povilauskas, L. (2010). Palinología forense: identificación de polen en cultivos y la escena del crimen. *Revista Skopein*, 10(23): 26–31. Recuperado de <https://skopein.org/ojs/index.php/1/article/view/162/146>

Ritter Jelinek, A. & Sommer, C.A. (Eds.). (2021). *Contribuições à Geologia do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina* (p. 504). Sociedade Brasileira de Geología; Compasso Lugar-Cultura. ISBN e-book: 978-65-89013-03-7. <https://doi.org/10.29327/537860>

Saézn Laín, C. (2004). Glosario de términos palinológicos. *Lazaroa*, (25): 93–112. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1123656>

Sosa Najera, S. (s.f.). *Indicadores biológicos «palinomorfos»* (Curso intensivo intersemestral: (Paleo) Biondicadores Neotropicales; Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología; p. 25). Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Recuperado de https://www.geofisica.unam.mx/iframes/laboratorios/institucionales/paleolimnologia/sitio_web/assets/tema-14-palinomorfos.pdf

Trigo Pérez, M.M.; Melgar Caballero, M.; García Sánchez, J.; Recio Criado, M.; Docampo Fernández, S. & Cabezudo Arturo, B. (2007). *El polen de la atmósfera de Vélez-Málaga* (p. 157). Concejalía de Medio Ambiente. ISBN: 978-84-88430-14-4. Recuperado de http://www.biolveg.uma.es/links/polen_vez_malaga.pdf

Valero Santiago, A.L. & Cadahía García, A. (Eds). (2002). *Polinosis: polen y alergia* (p. 172). España: MRA ediciones, S.L. & Laboratorios Menarini, S.A. ISBN: 84-88865-71-6. Recuperado de https://aerobiologia.cat/pia/general/pdf/books/2002_Polinosis.Polen_y_alergia.pdf

CAPACIDAD DE CARGA Y REFERENTE DE RESILIENCIA ECOLÓGICA DEL PARQUE ESTATAL AGUA BLANCA

CARRYING CAPACITY AND REFERENCE OF ECOLOGICAL RESILIENCE OF THE AGUA BLANCA STATE PARK

Mariela Conchita Romero Juárez¹, Carolina Zequeira Larios^{2✉}, Lilia María Gama Campillo³ & José Luis Martínez Sánchez⁴

¹Egresada de la Licenciatura en Gestión Ambiental de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBio) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); su interés se basa respecto a las áreas naturales protegidas (ANP). ²Doctora en Ecología Tropical por la Universidad Veracruzana (UV); centrada en el estudio de los sistemas tropicales y comunidades sociales establecidas en ANP y áreas agrícolas; profesora-investigadora y colaboradora en el «Cuerpo Académico: Ecología, Restauración y Manejo de Comunidades Tropicales» de la DACBio-UJAT. ³Doctora en Ciencias por la Universidad de California, campus Riverside. Intereses el estudio de la ecología del paisaje, la etnoecología, el diagnóstico territorial, la biología de la conservación, la vulnerabilidad a los impactos al cambio climático y la dinámica costera. Profesora-Investigadora y responsable del «Laboratorio de Ecología del Paisaje y Cambio Global» DACBio-UJAT. ⁴Doctor en Ecología Vegetal por la Escuela de Ciencias Naturales de la Universidad de Stirling (Gran Bretaña). Profesor-investigador en la DACBio-UJAT.

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBio); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Carretera Federal #180 (Villahermosa-Cárdenas) km 0.5 S/N; entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86150. Villahermosa, Tabasco; México.

✉ czequeiradocencia@gmail.com

 ² 0000-0002-6180-5529  ³ 0000-0002-5417-9697

 ⁴ 0000-0002-2131-4223

Como referenciar:

Romero Juárez, M.C.; Zequeira Larios, C.; Gama Campillo, L.M. & Martínez Sánchez, J.L. (2023). Capacidad de carga y referente de resiliencia ecológica del Parque Estatal Agua Blanca. *Kuxulkab'*, 29(63): e5317, enero-abril. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a29n63.5317>

Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/5317>

DOI:

<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a29n63.5317>

Resumen

Los principales pilares que sostienen el turismo de naturaleza son el entorno natural y el factor humano. Si se pretende obtener un resultado positivo del turismo, sobre todo aquel basado en la naturaleza, es necesario considerar aspectos que permitan la interacción sostenible de los recursos naturales, los turistas y las poblaciones receptoras. El propósito de este documento es dar a conocer la capacidad de carga turística de cada una de las áreas de uso turístico que integran el Parque Estatal Agua Blanca, y cómo estos valores permiten visualizar las áreas de mejora en el área natural protegida para fortalecer la capacidad de resiliencia ecológica del sitio ante la potencial perturbación de la actividad turística en el mismo. Se concluye que las cifras de capacidad de carga turística proporcionan información importante que permiten identificar oportunidades para mejorar y establecer estrategias de manejo que conduzcan a mejorar los servicios turísticos, mantener la belleza y capacidad de resiliencia del área natural protegida.

Palabras clave: Turismo sustentable; Límites turísticos; Turismo de naturaleza; Áreas naturales protegidas; Capacidad de recuperación.

Abstract

The main pillars that sustain nature tourism are the natural environment and the human factor. Suppose it is intended to obtain a positive result from tourism, especially that based on nature. In that case, it is necessary to consider aspects that allow the sustainable interaction of natural resources, tourists, and host populations. The purpose of this document is to make known the tourist carrying capacity of each of the areas for tourist use that make up the Agua Blanca State Park and how these values allow visualizing areas for improvement in the protected natural area to strengthen the ecological resilience capacity of the site in the face of the potential disturbance of tourism activity in it. It is concluded that the tourist carrying capacity figures provide essential information that allows identifying opportunities to improve and establish management strategies that enhance tourist services and maintain the beauty and resilience of the protected natural area.

Keywords: Sustainable tourism; Tourism limits; Nature tourism; Protected natural areas; Recovery capacity.

En la actualidad, el sector turístico se concibe como una fuerza para impulsar el crecimiento económico y un desarrollo sostenible en los países, especialmente después de la pandemia, más de 900 millones de turistas se desplazaron a destinos internacionales en 2022. Particularmente, África y América recuperaron el 65 % de sus visitantes según cifras de la Organización Mundial del Turismo (OMT) (OMT, 2023). Tal incremento ha generado una demanda espectacular asociada a los viajes de negocios y de placer, se han abierto fronteras, diversificado destinos, medios de comunicación y transporte; por tal motivo, es necesario establecer estrategias encaminadas a satisfacer las necesidades de los turistas, generar conocimiento de los destinos ofertados, pero sobre todo garantizar un uso eficiente de los recursos naturales para el logro de un turismo sostenible (CONANP, 2018).

El turismo de naturaleza (ecoturismo, turismo rural o turismo de aventura), es un sector económico que ha tenido un crecimiento importante en México (CONANP, 2018; Manning & Anderson, 2012; Fernández, 2020), esta gira alrededor de todos los aspectos vitales de un ecosistema, una comunidad, población o persona receptora, produciendo una serie de impactos sobre ellos, algunos positivos y otros negativos. Los principales pilares que sostienen este tipo de turismo son el entorno natural y el factor humano. Así pues, si se pretende obtener un resultado positivo del turismo, sobre todo en aquel basado en la naturaleza, es necesario considerar aquellos aspectos que permitan la interacción sostenible de los recursos naturales, los turistas y las poblaciones receptoras.

Actualmente, en México, las áreas naturales abiertas al uso público sufren una serie de afectaciones que dañan y alteran los ecosistemas a consecuencia de las actividades de los visitantes; sobre todo, aquellas que reciben cantidades masivas de turistas,

debido a su gran belleza escénica y calidad en el servicio. Algunos estudios han reportado afectaciones tales como contaminación acústica, del aire, del agua, emanación de malos olores, compactación del suelo, residuos sólidos urbanos y erosión entre muchas otras. Además del impacto del turismo, las Áreas Naturales Protegidas (ANP) también sufren las alteraciones propias de la naturaleza; como los efectos, en especies y ecosistemas del cambio climático, las actividades productivas de los habitantes; como cultivo de maíz, frijol entre otros y los procesos de extracción de empresas de la transformación; como material para construcción, materias primas, etcétera (Pérez, Zizumbo & González, 2009; Laines, Zequeira, Valadez & Garduza, 2012; Manning & Anderson, 2012; CONANP, 2018; SEMARNAT, 2019).

Una de las propuestas para evitar o al menos minimizar los impactos del turismo en las ANP son conocer los límites turísticos de un sitio o área. Estos se establecen a partir de estudios sobre capacidad de carga, los cuales, son muy diversos y se ajustan a las necesidades propias del territorio que se estudia. Por ejemplo, Crispin, Berovidez, Marín, García & Fernández-Truan (2017) llevaron a cabo la determinación de la capacidad de carga de una Isla en Cuba en la cual establecieron los límites aceptables del sitio para realizar caminatas turísticas en la zona sin que se produzca deterioro ambiental, implementados por el gobierno para garantizar su conservación.

Por otra parte, Swagata, Didipanjana & Ashis, (2015) estimaron la capacidad de carga turística para la Isla de Andaman en la India, estudio en el cual encontraron que la isla se encontraba por debajo de su nivel de capacidad de carga turística y era necesario implementar mayor infraestructura y facilidades administrativas para alcanzar su máxima capacidad.

De igual manera, Tudela & Giménez (2008) determinaron la capacidad de carga turística de tres senderos en el municipio de Cehegín (Murcia) quienes concluyeron que «el valor obtenido no es un límite absoluto sino una manera de determinar los umbrales críticos a partir de los cuales cualquier cambio en los componentes del sistema ya no es admisible».

En México, son pocos los casos documentados sobre la estimación de la capacidad de carga turística, uno de ellos se llevó a cabo en la Isla de Cozumel en el cual se establecieron límites para el número de embarcaciones a utilizarse en el sitio, lo novedoso de esta propuesta es la inclusión de la percepción de la población local (Palafox & Segrado, 2008). Otros estudios se centran no precisamente en determinar la capacidad de carga turística sino en cuantificar la carga psicosocial de los turistas que visitan un lugar de naturaleza, así Blanco, Enseñat & Mondragón (2019) obtuvieron la medición de la capacidad de carga psicosocial para el desarrollo sostenible de los cenotes en el estado de Yucatán, encontraron que el nivel de tolerancia hacia el número de visitas en un mismo lugar es mayor en los turistas locales que en los extranjeros y por ende éstos últimos aceptan pagar una mayor cantidad por entrar a un lugar donde no haya exceso de personas.

Aunque mucho se ha abordado el tema de la capacidad de carga turística, son necesarios estudios de caso donde se muestren resultados cuantitativos que contribuyan a crear marcos teóricos sobre los límites de aprovechamiento sustentable de la naturaleza (McCool & Lime, 2001; Segrado, González, Arroyo & Quiroga, 2017).

A nivel nacional se reporta que de las 182 Áreas Naturales Protegidas (ANP) de carácter federal del país, 111 cuentan con un Programa de Manejo, 31 con un Programa de uso público, 52 con Estudios de Capacidad de Carga Turística y 42 con Estudios de

Límite de Cambio Aceptable (CONANP, 2018), lo que no sucede con las áreas naturales estatales o municipales. En el estado de Tabasco, son 12 las ANP estatales (SEIACC, 2023) de las cuales dos cuentan con estudios de capacidad de carga turística o límites turísticos (CCYTET, 2008; Zequeira-Larios, 2012)

Las comunidades receptoras del turismo de naturaleza tienen un importante papel en la planificación y gestión del turismo (Monterubio, 2009; Gauna Ruíz, 2017; SEFOTUR, 2023). Los espacios con gran riqueza y atractivos naturales para el turismo, generalmente son atendidos por las comunidades locales que ahí habitan; sin embargo, sus capacidades de atención al turista son limitadas y carecen de los elementos necesarios que definen un servicio turístico de calidad, prueba de ello es el trabajo realizado por Sánchez (2009) quien demostró que una comunidad receptora de Venezuela, maneja el turismo de manera intuitiva sin respaldo de una planeación ni capacitación administrativa. Por otra parte, Segrado, Serrano, Mínguez, Cruz & Juan (2013) determinaron las estrategias necesarias para lograr un desarrollo sostenible de las comunidades a partir de la actividad turística en áreas naturales protegidas.

Por lo tanto, son necesarios instrumentos que permitan detectar las fortalezas y debilidades de las comunidades receptoras para una rápida atención por parte de las instituciones gubernamentales. Bajo este escenario, los estudios de capacidad de carga también aportan información importante sobre las fortalezas o debilidades de las comunidades receptoras y permiten el delineamiento de estrategias para mejorar las capacidades de ellas.

En lo que respecta a la resiliencia, esta se refiere a la capacidad de un ecosistema de mantener procesos y funciones ante amenazas naturales y presiones antrópicas y resistir y mantenerse ante los cambios generados (NC, 2022).

La resiliencia de las áreas naturales protegidas es necesaria para los fines de conservación de los sitios naturales y mantenimiento de los servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas que ahí se desarrollan, ya que representan un activo que garantiza una mejor calidad de vida de las comunidades locales, proporciona seguridad alimentaria a los habitantes y favorecen la conservación de la naturaleza (SEMARNAT, 2019).

Entre las estrategias de manejo planteadas como solución para favorecer la capacidad de recuperación de las áreas naturales que reciben turismo, están el establecimiento de límites de cambio aceptable o determinar la capacidad de carga turística del sitio receptor (Palafox & Segrado, 2008; CONANP, 2018) para con ello favorecer la capacidad de recuperación del ecosistema (resiliencia) y garantizar la calidad de los servicios turísticos que se ofertan.

En este texto, el propósito es dar a conocer la capacidad de carga turística de cada una de las áreas de uso turístico que integran el Parque Estatal Agua Blanca (PEAB), y cómo mantener estos valores fortalece la capacidad de resiliencia ecológica del sitio ante la potencial perturbación turística. Esta información, facilita a los gestores turísticos y administradores de áreas naturales protegidas, establecer estrategias que favorezcan la actividad turística de este importante relicto de selva mediana perennifolia existente en el municipio de Macuspana del estado de Tabasco, México.

Finalmente, los valores de capacidad de carga del sitio permiten también identificar aquellos factores que es necesario fortalecer para mejorar las capacidades de las comunidades receptoras que contribuyan a disminuir los impactos asociados a la actividad turística y propia de la comunidad y con ello favorecer la conservación de la naturaleza.

Desarrollo del estudio

En este texto se muestran de manera resumida los resultados finales del cálculo de la capacidad de carga turística del Parque Estatal Agua Blanca (PEAB) (cuadro 1); las fórmulas y cálculos realizados para su obtención se pueden consultar en Zequeira-Larios (2008a), trabajo sustentado en la metodología de Cifuentes, Mesquita, Méndez, Morales, Aguilar, Cancino, Gallo, Jolón, Ramírez, Ribeiro, Sandoval & Turcios (1999). Debido a lo extenso de la descripción metodológica del cálculo, ésta se omitió para dar paso a la discusión de los resultados obtenidos.

En las siguientes líneas se describen los aspectos positivos del ANP y las perturbaciones de las que es objeto. Para finalmente mostrar los resultados de la capacidad de carga turística de la zona y como estos valores permiten delinear las estrategias a seguir para conservar la biodiversidad y capacidad de resiliencia del sitio. En los siguientes párrafos, los términos capacidad de carga turística y límites turísticos se utilizan como sinónimos y de manera indistinta para fines de redacción.

Ventajas o factores positivos del ANP

Riqueza ecológica del Parque Estatal Agua Blanca.

Esta área natural protegida con categoría de manejo de Parque Estatal fue decretada en 1987 debido a las características biofísicas y gran diversidad de flora y fauna existente en la zona (SEDESPA, 2002). El Parque Estatal de Agua Blanca está ubicado en el municipio de Macuspana, en la porción Este y Noreste de la región de la sierra de Tabasco y su superficie es de 2,025 hectáreas (fotografía 1).

La sierra de Agua Blanca, donde se ubica el nuestra área de interés, es una cordillera alargada de roca caliza que tiene una altura promedio de 200 metros sobre el nivel del mar (msnm); el clima es tropical lluvioso, con temperatura media (del mes más frío)

mayor de 18 °C; además presenta un clima cálido húmedo con lluvia todo el año y temperatura media anual entre los 22 y 24° C (Galindo, Gama, Zequeira, Salcedo, Rodríguez, Ruíz, Morales, Díaz & Collado, 2006; Arreaola, Sánchez, Vargas & Hernández, 2011).

A manera de conocer los suelos de este sitio natural, algunas investigaciones los clasifican como leptosoles rendzicos, estos son suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad. Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente los suelos rendzinos son suelos arcillosos y poco profundos (por debajo de los 25 centímetros) pero llegan a soportar vegetación de selva alta perennifolia (Galindo *et al.*, 2006).



Fotografía 1. Localización del Parque Estatal Agua Blanca (PEAB) en Tabasco, México; (Fuente: Zequeira-Larios *et al.*, 2008).



Fotografía 2. Cascada, atractivo principal del Parque Estatal Agua Blanca (PEAB) en Tabasco, México; (Fuente: Zequeira-Larios *et al.*, 2008).

En cuanto a su riqueza florística el PEAB cubre el 0.1 % de la superficie del Estado y posee el 49 % de la biodiversidad vegetal de Tabasco con 1,950 especies registradas (Zacarías, 2002; Zarco-Espinosa, Valdez-Hernández, Ángeles-Pérez & Castillo-Acosta, 2010; Arreaola *et al.*, 2011). La selva mediana perennifolia es la vegetación predominante con especies como el botoncillo, guayabillo o huesillo (*Rinorea guatemalensis*); chapaya, coyol redondo o palmilla (*Astrocaryum mexicanum*); flor de cacao, árbol del funeral o rosita de cacao (*Quaribea funebris*) y la guaya de cerro, palma o tepejilote cimarrón (*Chamaedorea pinnatifrons*), (Zarco-Espinosa *et al.*, 2010).

Esta formación vegetal presenta árboles con alturas que oscilan entre los 15 y 20 metros de altura (Chiappy-Jhones, Gama, Soto-Esparza, Geissert & Alvarez, 2002; Zarco-Espinosa *et al.*, 2010). En este Parque, este tipo de formación vegetal ha sido sumamente fragmentada, siendo transformada en zonas de pastizales para el ganado o bien en zonas de cultivos o plantaciones, lo cual ha disminuido drásticamente la cobertura original que ocupaban. Cabe señalar que a pesar del proceso de fragmentación que se ha incrementado en la región, aún se reportan nuevas especies para el Estado,

como las nueve especies de hongos encontradas por Rosique-Gil, Córdova, Cappello-García & Cid-Martínez (2018).

Con respecto a la fauna se tienen registros de una gran diversidad de especies de aves (Itzkowich, Priani & Juárez-Perete, 2015), moluscos (Rangel, Gamboa & Alegría, 2004), hongos (Martínez-Rivera, Heredia, Rosique-Gil & Cappello, 2014) y murciélagos (García-Morales, Gordillo-Chávez, Valdez-Leal & Pacheco-Figueroa) algunas de ellas reportadas como amenazadas, en peligro de extinción o que requieren protección especial según la normatividad nacional.

Atractivos turísticos del área. El PEAB en el estado de Tabasco ofrece a sus visitantes un área de esparcimiento familiar donde pueden llevar a cabo actividades acuáticas o de exploración. Es un sitio de gran belleza natural que cuenta con una gran cascada como atractivo principal, la cual ofrece un largo trayecto de arroyos y pequeñas pozas donde las familias pueden disfrutar a la sombra de grandes árboles (fotografía 2).

En el sitio se puede practicar el senderismo hacia puntos específicos en compañía de un guía. Además de la cascada, el sitio cuenta con un espectacular sistema de cavernas; de las cuales destacan cinco sitios y donde se ofrecen recorridos a los turistas, estos son: 1) la gruta Ixta Ja; 2) gruta de las Lunas; 3) gruta de la Diaclasa; 4) gruta del Murallón, y 5) la cueva del Tigre. Todos estos ofrecen a los amantes del turismo de aventura una gran opción para descubrir y conocer la gran biodiversidad de uno de los pocos relictos de selva que aún conserva el estado de Tabasco.

Adicionalmente, el sitio cuenta con dos balnearios, un área para acampar, sanitarios, dormitorios y estacionamiento (fotografía 3). Todo el lugar es

administrado por los habitantes de la localidad Palomas ubicada en el municipio de Macuspana, Tabasco; quienes a su vez dan acceso a otras localidades aledañas para vender sus servicios o productos. A pesar de la gran riqueza natural que alberga este sitio existen perturbaciones que rodean este relictos de selva natural, las cuales se describen a continuación.

Perturbaciones del PEAB

El desarrollo comunitario es necesario para cualquier población, a pesar de los decretos establecidos para las áreas de gran belleza natural, con fines de protección y conservación; las comunidades que habitan en estas áreas del territorio tienen que seguir su forma de vida y buscar los medios que les permitan satisfacer sus necesidades. De esta forma, las comunidades e incluso la iniciativa privada e instituciones gubernamentales llevan a cabo actividades que de alguna u otra forma perturban el ecosistema; unas en mayor medida que otras.

Tal es el caso del Parque Estatal de Agua Blanca (PEAB), en éste, hay tres actividades que perturban el estado natural de esta importante área protegida: a) La actividad turística, administrada por habitantes de la localidad Palomas; b) la producción de cemento llevada a cabo en la localidad Buena Vista (Apasco) donde se encuentran ubicadas las instalaciones de una cementera; y c) las actividades primarias; agricultura y ganadería llevadas a cabo por las localidades aledañas al PEAB.

Actividad turística. La localidad Palomas, es la comunidad receptora del turismo en el ANP, es una de las comunidades más cercanas al PEAB y cuyos habitantes atienden las actividades turísticas que ahí se desarrollan; cuenta con una población de 1,568 habitantes, comunidad con un grado de marginación bajo (CONAPO, 2020).

La localidad, cuenta con caminos de acceso pavimentados, transporte colectivo, energía eléctrica, alumbrado público, teléfono rural, agua potable y delegación municipal. En cuanto a servicios de educación, dispone de un jardín de niños, una escuela primaria y una pequeña biblioteca pública. Para proporcionar servicios de salud existe un Centro de Salud Rural; sin embargo, este no tiene personal médico asignado.

Los habitantes, además del beneficio económico que obtienen del turismo, realizan actividades de agricultura tales como el cultivo de maíz y frijol y ganadería. Además, se dedican a la pesca de autoconsumo, actividades que contribuyen a la economía y sustento familiar.

Producción de cemento. La población de la localidad Buenavista (Apasco), ubicada al Norte del ANP llevan a cabo actividades extractivas en territorio autorizado por el gobierno estatal, su principal fuente de ingresos es por esta actividad, administrada por la iniciativa privada.

El uso de maquinaria pesada para la extracción y transporte de la materia prima ha ocasionado alteraciones en el medio natural, recientemente se ha autorizado la extensión en 562 hectáreas de la zona para continuar su explotación (Rodríguez, 2019) lo cual afecta el sistema de cavernas que ahí existen debido a las explosiones necesarias para extraer el material (Gutiérrez, 2022).

En lo que respecta a este tipo de actividad que es totalmente incompatible con la conservación, la transformación antrópica resultante rompe totalmente el equilibrio en esta zona generando espacios que requieren políticas de restauración, lo que ha venido generando presión al resto del PEAB y que a largo plazo puede provocar un cambio irreversible que se extienda al resto del área natural protegida.

Actividades primarias (agrícolas y ganaderas). El resto de las localidades aledañas al área natural protegida son: Prof. Caparroso 1^{ra} y 2^{da} sección; Melchor Ocampo 1^{ra}, 2^{da} y 3^{ra} sección; Chivalito 2^{da} y 4^{ta} sección; Zopo Sur, Norte y San José. En estas comunidades la actividad económica preponderante es la agricultura y ganadería, lo cual constituye su principal fuente de ingreso.



Fotografía 3. Muestra de afluencia turística en el Parque Estatal Agua Blanca (PEAB) en Tabasco, México; (Fuente: Zequeira-Larios *et al.*, 2008).

Siendo la agricultura una de las actividades de autoconsumo más importante en la zona; los cultivos como el maíz, el frijol y la yuca sirven como sustento básico para las familias, el maíz también es utilizado para alimento del ganado. En cuanto a la actividad ganadera tiende a ser un poco más rentable que la agricultura, la ganadería extensiva es la de mayor presencia en el PEAB y ésta se lleva a cabo, principalmente, en el Sur del ANP (fotografía 1) y conlleva a la deforestación del sitio. La actividad turística les beneficia de manera indirecta, ya que algunas familias llevan sus productos o alimentos a la zona de recreación del ANP únicamente en

temporada alta del turismo para comerciar sus productos, que generalmente, son los meses que corresponden la Semana Santa.

Valores de la Capacidad de Carga Turística

Para efectos de estimar la resiliencia ecológica del sitio en función de la actividad turística es necesario conocer los límites turísticos de las instalaciones del Parque Estatal de Agua Blanca (PEAB). Este límite se refiere al número máximo de visitas que puede recibir un área protegida con base en las condiciones físicas, biológicas y de manejo que se presentan.

El límite turístico también llamado Capacidad de Carga Turística (CCT) es una medida que ayuda a saber cuántos turistas deben ocupar un espacio o territorio de acuerdo con las condiciones ya mencionadas anteriormente, la cual sirve para que el ecosistema pueda recuperarse del impacto o afectaciones que los turistas realizan (Cifuentes *et al.*, 1999).

Capacidad de Carga Turística. La CCT en un área natural protegida se realiza o se estima en tres niveles; la Capacidad de Carga Física (CCF), la capacidad de Carga Real (CCR) y la Capacidad de Carga Efectiva (CCE). La primera, representa el límite máximo de visitas que se pueden hacer al sitio durante un día sin considerar ninguna limitante; la segunda se refiere a la capacidad carga real que tiene el sitio después de considerar algunas limitaciones propias del lugar, obstáculos o condiciones del territorio; y la tercera al número máximo de visitas que se pueden permitir en el área considerando su capacidad de manejo.

Capacidad de Carga Física y de Carga Real. De acuerdo con la estimación realizada por Zequeira-Larios (2008a) la CCF obtenida para el PEAB fue de 13,719 visitantes; sin embargo, es necesario

considerar que un sitio puede recibir una gran cantidad de personas, pero las aglomeraciones o exceso de visitantes ocasionan incomodidades entre los mismos, por lo que hay que considerar algunos factores de visita tales como el horario y tiempo de visita, el espacio disponible y la necesidad de espacio por visitante para garantizar su bienestar y comodidad.

Por lo tanto, cuando se consideraran estos factores, el cálculo cambia y entonces se obtiene la capacidad de carga real (CCR); así el número de visitantes para cada sitio se reduce y en el caso que nos ocupa, se reportó una CCR de 2,133 visitantes (cuadro 1). Para incrementar los valores en esta capacidad de carga deben considerarse políticas o acciones que lleven a mejorar la infraestructura o los servicios que se ofrecen a los turistas; tales como construcción de puentes, colocar pasa manos para garantizar la seguridad de los visitantes, establecer senderos bien documentados, generar información preventiva para los turistas, entre muchas otras acciones que permitan un disfrute seguro y ordenado.

Capacidad de Manejo. Una vez que se ha calculado la CCR aún falta incluir la capacidad que tiene la localidad, empresa privada o asociación que tiene el cargo de administrar el ANP, esta capacidad es la que llamamos Capacidad de Manejo (CM). De acuerdo con la literatura esta medición se calcula a partir de variables tales como respaldo jurídico, políticas, equipamiento, dotación de personal, financiamiento, infraestructura y facilidades o instalaciones disponibles (Cifuentes *et al.*, 1999).

En otras palabras, la capacidad de manejo óptima se define como el mejor estado o condiciones que la administración de un área protegida debe tener para desarrollar las actividades laborales, atender las necesidades del turismo y alcanzar los objetivos planteados de la empresa.

En el PEAB, la capacidad de manejo (CM) fue determinada para los componentes de infraestructura (Infr), personal (Pers) y equipamiento (Eq); los tres factores se evaluaron en cuanto a la cantidad disponible, el estado en el que se encontraban, la localización y funcionalidad. La cifra ideal de capacidad de manejo debe ser del 100 %; sin embargo, valores por arriba del 80 indican una administración bastante aceptable.

De acuerdo con la determinación reportada por Zequeira-Larios (2008a), la CM obtenida para el PEAB fue del 25 % (cuadro 1), en su cálculo la infraestructura tuvo un 35 % de capacidad, presentando mayor carencia en oficinas, casetas e instalaciones de servicios. En cuanto al personal que administra el parque, el valor fue de 39 % de capacidad, en este rubro las carencias están en la falta de contratación de personal de base, los trabajadores solo son contratados en época de temporada alta, igualmente hace falta capacitación sobre información de las riquezas naturales del sitio para poder proporcionar temas que favorezcan la educación ambiental en los visitantes que llegan al sitio.

Finalmente, el equipamiento, fue el rubro con mayor carencia ya que la comunidad solo obtuvo un 2 % de capacidad de acuerdo con los requerimientos necesarios para un sitio turístico de esta naturaleza. En este rubro, la comunidad carece por completo de vehículos, radios, extinguidores, botiquines, equipo de cómputo, entre otros. En otros estudios, los sitios muestran cifras más altas, como el calculado por Cifuentes *et al.* (1999) para el Monumento Nacional Guayabo cuya CM fue del 75 %.

Un análisis de estas cifras nos permite visualizar las carencias que tiene la localidad para administrar eficientemente el ANP, cifras muy por debajo de lo ideal. En este sentido es necesario el establecimiento de estrategias encaminadas a mejorar estos

indicadores. Para este aspecto, se requiere destinar recursos económicos para dotar a las comunidades de los equipos mínimos necesarios para garantizar a los turistas la seguridad y bienestar durante su estancia. La capacitación administrativa y financiera es indispensable para quienes tienen la responsabilidad del manejo del ANP, generalmente en los procesos de intervención se les dota de equipamiento, pero no se les da seguimiento ni capacitación sobre el uso y manejo de estos, ni mucho menos se les fortalece para hacer rentable el servicio turístico que ofrecen, lo que lleva en la mayoría de los casos en el fracaso y desperdicio de los recursos económicos invertidos.

Capacidad de Carga Efectiva. Posterior al cálculo de la CM se calcula a capacidad de carga efectiva (CCE), aplicando el porcentaje a cada una de las cifras obtenidas en cada uno de los sitios (cuadro 1). Así la CCE del PEAB fue de 540 visitantes/día. Si analizamos el resultado, este valor sería mucho mayor si la CM tuviera los niveles ideales; por ejemplo, si el sitio tuviera al menos una CM del 80 %, la CCE sería de 1,706 visitantes; por ello es muy importante atender las condiciones físicas, sociales y ambientales de las comunidades o entidades administradoras del ANP. Lo cual repercute en el bienestar de los turistas y por ende en la conservación y belleza natural del sitio además del prestigio y calidad del servicio.

Posteriormente, se obtiene el total de visitantes diarios y anuales aplicando el número de veces que el sitio puede ser visitado por la misma persona en un día (NV), esto se calcula dividiendo el número de horas que está abierto el sitio y el tiempo que dura el recorrido o tiempo de estancia de cada lugar que se visita. De esta manera se reportó una capacidad de carga turística de 271 visitantes/día y por ende un total estimado de 98,915 visitas/año.

Afluencia del turismo

Con estas cifras de las diferentes capacidades de carga es fácil entonces hacer un análisis del turismo y darnos una idea sobre la afluencia de turistas en el área natural protegida (ANP) a lo largo de un año. En el estudio de Zequeira-Larios, Gama-Campillo, Macías-Valadez, Castillo-Ramiro & Galindo-Alcántara (2008) se reportó que, en la mayor parte del año, el número diario de visitas se encuentra por debajo de los 271 visitantes/día establecidos como límite para el Parque Estatal de Agua Blanca (PEAB), (gráfica 1); sin embargo, en época de mayor afluencia turística como es Semana Santa, el número de visitantes supera significativamente el límite, observándose concentraciones de hasta 4,425 visitantes en un solo día.

Debido a que el estudio se llevó a cabo de septiembre de 2006 al mes de abril de 2007 no se cuenta con cifras de los meses de verano, en los cuáles también es posible que se presenten altas cifras de visitación. En este sentido, estudios futuros debieran contemplar el muestreo en época de verano.

Al revisar las referencias de biodiversidad que se tiene de la zona (Zacarías, 2002; Rangel Ruíz *et al.*, 2004; Zarco-Espinosa *et al.*, 2010; Martínez-Rivera *et al.*, 2014; Itzkowich *et al.*, 2015; Rosique-Gil *et al.*, 2018) es evidente que a pesar de la potencial concentración de visitas en momentos pico, estas se concentran en sitios atractivos específicos, lo que permite que el resto del PEAB mantenga en cierta medida el equilibrio y los momentos de poca afluencia actúen como amortiguadores que mantienen la resiliencia del sitio.

La cifra o el valor de la capacidad de carga turística sirve para delinear estrategias que limiten el ingreso de visitantes en temporada alta; en algunas ANP esto se logra incrementando el precio de entrada para evitar aglomeraciones y perturbaciones

ecológicas y sociales. Es necesario también establecer reglamentos y zonas comerciales bien delimitadas para favorecer el beneficio económico de las comunidades vecinas. Todo ello tomando como referente la Capacidad de Carga Turística obtenida para la zona y las debilidades en la Capacidad de Manejo de la localidad receptora.

Conclusiones

Los reportes de biodiversidad del Parque Estatal Agua Blanca (PEAB) muestran que aún se puede considerar resiliente ante el impacto turístico y eventos climáticos naturales; sin embargo, los impactos de la industria y el aprovechamiento agrícola y ganadero avanzan más rápido que la capacidad del sitio para recuperarse y regenerarse.

Se requiere tomar acciones de concientización a la población local sobre la protección de los recursos naturales, promover programas permanentes de educación ambiental a las comunidades cercanas al sitio. Los impactos de la industria deben regirse según la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) para un buen manejo de los recursos y el territorio.

El Parque Estatal Agua Blanca es un lugar de gran importancia ecológica y turística en el estado de Tabasco. En sus inicios, cuando el sitio era poco conocido y de difícil acceso había una gran afluencia de turistas extranjeros y nacionales; a medida que el sitio se fue haciendo más accesible, el número de turistas locales y nacionales se incrementó significativamente sobre todo en la época de semana Santa y vacaciones de verano.

Con el paso del tiempo, el exceso de visitantes y la poca capacidad de manejo del sitio; la infraestructura ha sufrido deterioro y el servicio al turista se ha demeritado, por lo que se recomienda atender las

carencias en la infraestructura, mejorar las condiciones laborales del personal, capacitar para que puedan dar información de las riquezas naturales con las que cuenta y poder dar un mejor servicio e información a los turistas, sobre todo dotar de equipamiento el sitio; con buenos caminos, aplicar un manejo de los residuos sólidos urbanos, las palapas que cuenten con los servicios necesarios para los alimentos ya que este último fue el rubro que presentó el menor porcentaje de manejo.

De igual manera, para evitar el crecimiento de la frontera agrícola se deben implementar estrategias de cultivos sustentables fomentando la agricultura orgánica y los procesos de fertilización del suelo con material orgánico haciendo conciencia sobre la conservación de los suelos, y fortalecer el turismo rural y el consumo local.

Dado que es un área natural protegida y su vocación es la conservación, la capacidad de carga turística obtenida debe fortalecer la generación de lineamientos y políticas ambientales para el acceso en la zona en época de mayor afluencia turística; sin embargo, es importante considerar la opinión de los pobladores, ya que es un medio de vida y motor de crecimiento económico para varias de las comunidades aledañas al sitio. El reducir el número de visitantes traerá como consecuencia la disminución de las oportunidades de intercambio comercial llevado a cabo por los habitantes que llegan a vender sus productos. Altimira & Muñoz (2007) señalan que los gastos de los visitantes se convierten en ingresos de los comercios locales.

Por otro lado, la capacidad de carga psicosocial de los visitantes se ha reflejado en la disminución de los visitantes extranjeros; tal como lo señala Blanco *et al.* (2019). Debido a que este sector del turismo es más susceptible a las aglomeraciones de personas y prefieren lugares con menor número de individuos en un área. De acuerdo con Zequeira-Larios *et al.*

(2008) el turismo internacional en el PEAB ha disminuido significativamente en las últimas décadas, incrementándose el turismo local y nacional.

Una vez más, los resultados del presente análisis contribuyeron a demostrar la validez y utilidad de la metodología utilizada para determinar la capacidad de carga turística en sitios con diferentes condiciones geofísicas. Los valores obtenidos pueden ser utilizados para mejorar las condiciones mostradas con mayor debilidad en el PEAB.

Futuros trabajos en el sitio deberán enfocarse a realizar diagnósticos entre los turistas y los pobladores de las localidades aledañas con el fin de conocer su percepción en los aspectos sociales, económicos y ambientales. Si se quiere incrementar el sector turístico internacional y favorecer el turismo local y nacional deberán realizarse esfuerzos extraordinarios para incrementar la capacidad de manejo del sitio atendiendo los factores limitantes expuestos en el presente estudio, así como buscar actividades atractivas para el turismo internacional.

En suma, el concepto de capacidad de carga turística representa no solo un valor que sirve de guía para llevar a cabo la gestión del destino turístico sino para entender el potencial de resiliencia del sitio, pero se sugiere acompañarlo de cifras sobre el turismo y percepciones tanto de los turistas como de los habitantes receptores para verdaderamente lograr un desarrollo sostenible de las comunidades locales.



Gráfica 1. Registro de visitantes en el Parque Estatal Agua Blanca (PEAB), Macuspana, Tabasco; México; (Fuente: Zequeira-Larios et al., 2008).

Cuadro 1. Capacidad de Carga Turística del Parque Estatal Agua Blanca (PEAB), Macuspana, Tabasco; México (número de personas por sitio).

Capacidad de carga	Balneario 1 (alberca principal)	Balneario 2	Gruta Ixtaja	Gruta de las Lunas	Gruta de la Diablaza	Gruta del Muralión	Cueva del Tigre	Restaurante	Área de Picnic	Área de Acampar	Total
Capacidad de Carga Física (CCF)	384	238	6,733	2,213	562	293	588	522	480	20	13,719
Capacidad de Carga Real (CCR) Visitas/día	379	234	418	22	47	11	14	521	477	10	2,133
Capacidad de Manejo (CM)	25.29 %										
Capacidad de Carga Efectiva (CCE) Visitas/día	96	59	106	6	12	3	4	132	121	3	540
Visitas / visitante / día (NV)	2	2	3	5	4	3	2	3	2	1	
Visitantes / día	60	37	40	1	3	1	2	49	75	3	271
Visitantes / año	21,900	13,505	14,600	365	1,095	365	730	17,885	27,375	1,095	98,915

Referencias

- Altamira Vega, R. & Muñoz Vivas, X.** (2007). *El turismo como motor de crecimiento económico*. Anuario Jurídico y Económico Escurialense, Vol. XL, (pp. 677–710).
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2267966>
- Arreola Muñoz, A.; Sánchez Castillo, J.; Vargas De La Mora, A. & Hernández Zárate, L.** (2011). *Ordenamiento Territorial: microrregión Agua Blanca*, (p. 126). Gobierno del Estado de Tabasco; Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental (SEDESPA); Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica (IDESMAC).
- Blanco Gregory, R.; Enseñat Soberanis, F. & Mondragón Mejía J.A.** (2019). La capacidad de carga psicosocial del turista: instrumento de medición para el desarrollo sostenible en la turistificación de los cenotes. *Cuadernos de Turismo*, (43): 169–186]. Consultado el 20 de septiembre del 2019, en <http://dx.doi.org/10.6018/turismo.43.07>
- CCYTET (Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco).** (2008). *Determinación de Capacidad de Carga Turística del Parque Estatal Agua Blanca* (Informe final; en línea). CONACYT-Fondos Mixtos (FOMIX-TAB-2005-C06-16805). Disponible en <http://www.archivos.ujat.mx/dip/divulgacion%20y%20video%20cientifico%202008/DACBIOL/CZequeiraL.pdf>
- Cifuentes Arias, M.; Mesquita, C.A.B.; Méndez, J.; Morales, M.E.; Aguilar, N.; Cancino, D.; Gallo, M.; Jolón, M.; Ramírez, C.; Ribeiro, N.; Sandoval, E. & Turcios, M.** (1999). *Capacidad de carga turística de las áreas de uso público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica*, (p. 75). Costa Rica, WWF Centroamérica; CATIE Turrialba, Costa Rica. https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/wwfca_guayabo.pdf
- Chiappy-Jhones, Gama, L.; Soto-Esparza, M.; Geissert, D. & Alvarez, J.** (2002). Regionalización paisajística del estado de Veracruz, México, *Universidad y Ciencia*, 18(36): 87–112. <https://www.redalyc.org/pdf/154/15403602.pdf>
- Crispin Castellanos, D.; Berovidez Álvarez, V.; Marín Clemente, J.; García Ucha, F.E. & Fernández-Truan, J.C.** (2017). Límites en la capacidad de carga de visitantes de ecoturismo en Punta del Este, Isla Juventud (Cuba). *Revista Investigaciones Turísticas*, (13): 96–113. <https://doi.org/10.14198/INTURI2017.13.05>
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas).** (2018). *Marco Estratégico de Turismo Sustentable en Áreas Protegidas de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. <https://www.conanp.gob.mx/acciones/adv/MarcoEstrategico.pdf>
- CONAPO (Consejo Nacional de Población).** (2020). *Índice de marginación municipal*. Gobierno del Estado de Tabasco. <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372>
- Fernández Prada, C.** (2020). Análisis del turismo de naturaleza y sus impactos. España: (n.p.).
- Galindo Alcántara, A.; Gama Campillo, L.; Zequeira Larios, C.; Salcedo Meza, M.A.; Rodríguez Leal, C.; Ruíz Acosta, S.; Morales Hernández, A.; Díaz López, H.M. & Collado Torres, R.** (2006) *Ordenamiento Ecológico de Tabasco, Gobierno del Estado de Tabasco*.
- García-Morales, R.; Gordillo-Chávez, E.J.; Valdez-Leal, J.D. & Pacheco-Figueroa, C.J.** (2014). Las áreas naturales protegidas y su papel en la conservación de los murciélagos del estado de Tabasco, México. *Therya*, 5(3): 725-736. <https://doi.org/10.12933/therya-14-217>

- Gauna Ruiz De Leon, C.** (2017). Percepción de la problemática asociada al turismo y el interés por participar de la población: caso Puerto Vallarta, *El periplo Sustentable*, (33): 251–290. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-90362017000200251&script=sci_abstract&tling=es
- Gutiérrez Ferretis, L.** (2022, mayo 25). Ejes ambientales - ANPs en Tabasco: espacios naturales olvidados. *El Heraldo de Tabasco* [Web]. <https://www.elheraldodetabasco.com.mx/analisis/ejes-ambientales-anps-en-tabasco-espacios-naturales-olvidados-8332599.html>
- Itzkowich, C.; Priani, C. & Juárez-Perete, I.** (2015). Guía de aves de Tabasco. *Travesías Editores, S.A. de C.V.* [Web]. Consultado en <http://visitetabasco.com/wp-content/uploads/2015/09/guia-de-aves-en-tabasco.pdf>
- Laines Canepa, J.R.; Zequeira Larios, C.; Valadez Treviño, M.E. & Garduza Sánchez, D.I.** (2012). Basic diagnosis of solid waste generated at Agua Blanca State Park to propose waste management strategies. *Waste Management & Research*, 30(3): 302–310. Consulted on September 22, 2019, at <https://doi.org/10.1177/0734242X11415312>
- Manning Robert, E. & Anderson, L.E.** (2012). Managing outdoor recreation: Case studies in the national parks. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9781786391025.0000>
- Martínez-Rivera, K.; Heredia, G.; Rosique-Gil, E. & Cappello, S.** (2014). Hongos anamorfos asociados a restos vegetales del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco, México. *Acta Botánica Mexicana*, 107: 99–119. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-71512014000200007
- McCool, S. & Lime, D.W.** (2001). Tourism Carrying Capacity: Tempting Fantasy or Useful Reality. *Journal of Sustainable Tourism*, 9(5): 372–388. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09669580108667409>
- Monterubio Cordero, J.C.** (2009). Comunidad receptora: elemento esencial en la gestión turística. *Gest. Tur.*, (11): 101–111. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3284403>
- NC (Nature Conservancy).** (2022). ¿Qué es la resiliencia?. *Reef Resilience Network* [Web]. Available in <https://reefresilience.org/es/resilience/what-is-resilience/>
- OMT (Organización Mundial de Turismo).** (2023). Panorama OMT del turismo internacional. *Organización Mundial de Turismo* [Web]. Disponible en <https://www.unwto.org/es/taxonomy/term/347#:~:text=Seg%C3%BAn%20los%20nuevos%20datos%20de,las%20cifras%20de%20turistas%20internacionales>
- Palafox Muñoz, A. & Segrado Pavón, R.** (2008). Capacidad de carga turística: alternativa para el desarrollo sustentable de Cozumel. *Revista Turismo y Desarrollo*, (10): 109–120. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2925533>
- Pérez Ramírez, C.; Zizumbo, L. & González Vera, M.** (2009). Impacto ambiental del turismo en áreas naturales protegidas; procedimiento metodológico para el análisis en el Parque Estatal El Ocotal, México. *El Periplo Sustentable*, (16): 25–56. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193414421002>
- Rangel Ruíz, L.J.; Gamboa Aguilar, J. & Alegría Ruíz, F.** (2004). Diversidad malacológica en la región Maya II. Parque Estatal Agua Blanca, Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 1(20): 55–62. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57520105>

Rodríguez, M. (2019, octubre 20). *Avalan cementera en área natural*. Periódico Reforma, Macuspana, Tabasco. <https://www.reforma.com/avalan-cementera-en-area-natural/ar1794974>

Rosique-Gil, E.; Córdova Córdova, L.L.; Capello-García, S. & Cid-Martínez, A. (2018). Hongos ingoldianos de las cascadas del Parque Estatal Agua Blanca, Tabasco, México. *Scientiafungorum*, 47: 3–11. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2594-13212018000100003

SEDESPA (Secretaría de Desarrollo Social y Protección del Medio Ambiente). (2002). *Áreas Naturales Protegidas del Estado de Tabasco*. Secretaría de Desarrollo Social y Protección del Medio Ambiente (SEDESPA); Gobierno del Estado de Tabasco. <https://www.gob.mx/conanp/documentos/areas-naturales-protegidas-278226>

SEFOTUR (Secretaría de Fomento Turístico) & Gobierno del Estado de Yucatán. (2023). Turismo de Naturaleza. *SEFOTUR* [Web]. Disponible en <https://sefotur.yucatan.gob.mx/secciones/ver/turismo-de-naturaleza#:~:text=El%20Turismo%20de%20naturaleza%20es,la%20interacci%C3%B3n%20con%20la%20misma>

SEIACC (Secretaría de Bienestar, Sustentabilidad y Cambio Climático). (2023). Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas: Listado de Áreas Naturales Protegidas. *SEIACC* [Web]. Disponible en <https://tabasco.gob.mx/anps-tabasco-listado>

Segrado Pavón, R.G.; González Baca, C.A.; Arroyo Arcos, L. & Quiroga García, B.A. (2017). Capacidad de carga turística y aprovechamiento sustentable de Áreas Naturales Protegidas. *CIENCIA ergo-sum*, 2(24): 164–172. <https://www.redalyc.org/journal/104/10450491008/html/>

Segrado Pavón, R.; Serrano Barquín, R.C.; Mínguez García, M.C.; Cruz Jimenez, G. & Juan Pérez, J.I. (2013). Estrategias de control de impactos turístico en las áreas naturales protegidas y zonas arqueológicas de Quintana Roo, México. *Revista de Cultura e Turismo*, (3): 6–30. https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-49915/2013_Romano%20y%20Carmen_Quintana%20Roo.pdf

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2019). *Proyecto Resiliencia* (p. 157). PNUD, CONANP. México. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/mx/FactSheetResilienciaPNUD.pdf>

Swagata Bera, Dipanjan D.M. & Ashis K. (2015). Estimation of Tourism Carrying Capacity for Neil Island, South Andaman, India. *Journal of Coastal Sciences*, 2(2): 46–53. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.1533035.V1>

Sánchez Tovar, L. (2009). Turismo y comunidad receptora: un estudio en la costa venezolana, *FERMENTUM*, (54): 79–101. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70513208006>

Tudela Serrano, M.L. & Giménez Alarte, A.I. (2008). Determinación de la capacidad de carga turística en tres senderos de pequeño recorrido en el municipio de Cehegín (Murcia). *Cuadernos de Turismo*, (22): 211–229. <https://www.redalyc.org/pdf/398/39811554010.pdf>

Zacarías, R.A. (2002). *Estructura y composición florística del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco* (Tesis de Licenciatura en Biología). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Zarco-Espinosa, V.M.; Valdez-Hernández, J.I.; Ángeles-Pérez, G. & Castillo-Acosta, O. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia*, 1(26): 1–17. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792010000100001

Zequeira-Larios, C.; Gama-Campillo, L.; Macías-Valadez Treviño, M.E.; Castillo-Ramiro, J.J. & Galindo-Alcántara, A. (2008). *Afluencia turística en el Parque Estatal Agua Blanca* (Memorias de la Semana de Divulgación y Video Científico). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Disponible en <http://www.archivos.ujat.mx/dip/divulgacion%20y%20video%20cientifico%202008/DACBIOL/CZequeiraL.pdf>

Zequeira-Larios, C. (2008a). *Determinación de la Capacidad de Carga turística del Parque Estatal Agua Blanca* (Proyecto FOMIX-CONACYT, TAB-2005-C06-16805) CONACYT, CCYTET. Villahermosa, Centro, Tabasco.

Zequeira-Larios, C. (2012). *Capacidad de Carga Turística de la Reserva Ecológica Cascadas de Reforma* (p. 84). Editorial Académica Española, Republic of Moldova. <https://www.eae-publishing.com/catalog/details/store/gb/book/978-3-8473-5607-3/capacidad-de-carga-tur%C3%ADstica,-reserva-ecol%C3%B3gica-cascadas-de-reforma>



ÁRBOL DE MACULÍS *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC., EN EL «JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ N. ROVIROSA».
División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: cortesía de Marcela Alejandra Cid Martínez.

«La disciplina es no perder de vista lo que se desea alcanzar»

DACBiol



EJEMPLAR DE JABONCILLO (*Sapindus saponaria*), FRENTE A LA BIBLIOTECA «DR. JUAN JOSÉ BEAUREGARD CRUZ».
División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: cortesía de Jaquelina Gamboa Aguilar.



KUXULKAB'

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

☎ +52 (993) 358 1500, 354 4308 ext. 6415

✉ kuxulkab@ujat.mx

🌐 www.revistas.ujat.mx

Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039.
Villahermosa, Tabasco. México.