

Empleo de la zeolita modificada como aditivo en la formulación de pinturas antifúngicas



I use of the zeolita modified as preservative in the formulation of paintings antifúngicas

<https://cu-id.com/2144/v14e11>

Maylín Laurel Gómez^{1*}, Yaysel Lozada García²

RESUMEN: En el presente trabajo se exponen los resultados alcanzados en el estudio de la zeolita natural cubana del yacimiento "Tasajeras" como aditivo en la obtención de pinturas de carácter fungicida. Dicho material se intercambió con cationes divalentes de cinc (Zn) y se empleó en la formulación de una pintura vinílica con el objetivo de ser aplicada en ambientes que requieren un alto grado de higiene como es el caso de hospitales, clínicas, farmacias, laboratorios, etc. A la pintura obtenida se le realizaron ensayos microbiológicos de esterilidad, actividad fungicida frente a varios microorganismos que se desarrollan en la pared; además se evaluó desde el punto de vista físico-mecánico para estudiar sus propiedades. Finalmente se realizaron pruebas de uso de la pintura fungicida en una pared de mampostería expuesta al exterior, para evaluar la resistencia de la pintura al deterioro por los microorganismos por un período de un año. Los resultados indicaron que la zeolita modificada con cinc puede ser utilizada como aditivo en la formulación de pinturas fungicidas, en dosis de un 3% en peso para una concentración de Zn de 1,2 g/L. Como consecuencia se logra obtener una pintura base acuosa más amigable con el medio ambiente pues se pueden sustituir los biocidas comerciales utilizados actualmente y que presentan alta toxicidad en su manipulación.

Palabras clave: Pintura, zeolita, fungicida.

ABSTRACT: In the present work, the results reached in the study of the Cuban natural zeolite of the "Tasajeras" deposit as an additive in obtaining paintings of fungicidal character are exposed. This material was exchanged with zinc divalent cations (Zn) and was used in the formulation of a vinyl paint with the aim of being applied in environments that require a high degree of hygiene such as hospitals, clinics, pharmacies, laboratories, etc. The microbiological tests of sterility, fungicidal activity against several microorganisms that develop on the wall were performed on the obtained paint; it was also evaluated from the physico-mechanical point of view to study its properties. Finally, tests were conducted on the use of fungicide paint on a masonry wall exposed to the exterior, to evaluate the resistance of the paint to deterioration by microorganisms for a period of one year. The results indicated that zinc-modified zeolite can be used as an additive in the formulation of fungicidal paints, in doses of 3% by weight for a Zn concentration of 1.2 g/L. As a result, it is possible to obtain a water-based paint that is more environmentally friendly, since it is possible to replace the commercial biocides currently used and which present high toxicity in handling.

Keywords: Painting, zeolite, fungicide.

INTRODUCCIÓN

En las paredes expuestas a la humedad y en ambientes donde así lo propicien, ocurre el desarrollo de microorganismos sobre su superficie, principalmente se han identificado bacterias, algas y hongos. Ello perjudica la estética y el embellecimiento del entorno, además de atentar contra la salud de las personas sobre todo en lugares cerrados. Para contrarrestar esta situación se han desarrollado recubrimientos especiales de carácter fungicida, que emplean como agente biocida activo compuestos de isotiazolinona, tal es el caso del producto comercial PREVENTOL, sustancia actualmente utilizada por la Fábrica de Pinturas Vitral. Los compuestos de

isotiazolinona pueden generar toxicidad durante su manipulación, y se recomiendan para aplicaciones únicamente en exteriores, aspecto que además limita su uso.

Existen determinados lugares que, en su interior, por sus características, requieren alto grado de higiene como es el caso de instituciones hospitalarias, clínicas veterinarias, estomatológicas, salones de belleza, centros de elaboración de alimentos y otros, por lo que la aplicación de recubrimientos fungicidas que sean ecológicos y capaces de sustituir los compuestos de isotiazolinona, puede inhibir el desarrollo de ciertos microorganismos en las paredes y contribuir con un ambiente más saludable.

Recibido: 15/09/2022

Aprobado en su forma original: 21/12/2022

¹Empresa Central de Laboratorios "José Isaac del Corral" (LACEMI) Prolongación de Vía Blanca S/N entre Virgen del Camino y Línea del Ferrocarril San Miguel del Padrón, La Habana, Cuba

²Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM) Carretera Varona No. 12028, km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba. E-mail: yaisel@cipimm.minem.cu

*Correo Electrónico: maylin@lacemi.minem.cu

Una alternativa para el desarrollo de pinturas amigables con el medio ambiente es la utilización de biocidas naturales, en este caso el empleo de zeolitas modificadas con cationes bactericidas y fungicidas como por ejemplo el cinc.

La zeolita es un mineral aluminosilicato cuya estructura forma cavidades ocupadas por iones grandes y moléculas de agua con gran libertad de movimiento que permiten el cambio iónico y la deshidratación reversible. Su amplio uso en la industria está dado por sus propiedades de intercambio catiónico y de adsorción-desorción, así como sus características estructurales que le confieren gran porosidad. La zeolita micronizada bajo 45 micrones se ha utilizado en la elaboración de pinturas, sustituyendo hasta un 20% del dióxido de titanio.

En el presente trabajo se estudia el efecto fungicida de una pintura vinílica desarrollada con el empleo de zeolita modificada con una sal de zinc, como agente biocida, en sustitución de los microbicidas convencionales. Para ello se realizó la modificación química de la zeolita natural, se determinó su esterilidad y luego se procedió a la elaboración de la pintura. A dicha pintura se le realizaron ensayos microbiológicos frente a los siguientes microorganismos: hongos *Aspergillus Níger*, *Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus pollulans* y *Alternaria alternata*.

El objetivo de la investigación consiste en la obtención de una pintura fungicida base acuosa empleando aditivos compatibles con el medio ambiente, en este caso zeolitas modificadas con cationes metálicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Modificación de la zeolita

La zeolita natural tipo clinoptilolita del yacimiento Tasajeras, Provincia de Villa Clara, con granulometría -3+1 mm, se puso en contacto durante 72 horas con una solución de sulfato de cinc ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) a una relación líquido-sólido de 0,65 a temperatura ambiente. Transcurrido el tiempo de lavó el sólido y se secó en estufa a 105°C, luego se micronizó bajo 0,045 mm.

Obtención de la pintura fungicida

Se elaboró un recubrimiento vinil de color blanco en el Laboratorio de la Fábrica de Pinturas Vitral en el que se empleó una dosis de zeolita de 40 g/L en la formulación.

Ensayos microbiológicos

Para comprobar la esterilidad de la zeolita-Zn obtenida y de la pintura vinil de color blanco

formulada con dicha zeolita se procedió de la siguiente manera:

Se tomó 1 g de la zeolita y 1 mL de la pintura y se suspendieron por separado en 100 mL de agua estéril en un erlenmeyer. Se pusieron a agitar por una hora. Luego se sembraron en placas Petri con Agar Saboraud CAF, el medio estuvo constituido por Peptomicol 10 g/L, Glucosa 40 g/L, Cloranfenicol 0,5 g/L y Agar 15 g/L, pH 5,6. La siembra se realizó a partir de diluciones hasta 10^{-6} , adicionalmente se realizó una siembra directa desde la solución madre. Se colocaron las placas en incubadora a 35°C por una semana.

La actividad fungicida se le realizó a dos muestras de pintura vinil, una con la zeolita incorporada y la otra fue una muestra de pintura sin aditivo fungicida con el propósito de establecer una comparación. Estos ensayos se realizaron en un laboratorio de microbiología especializado, bajo la norma ASTM D5590-94.

Evaluación de las características físico-mecánicas de la pintura formulada

La fábrica de pinturas Vitral desarrolló una pintura fungicida utilizando como agente biocida la zeolita cinc obtenida en el CIPIMM. Una muestra de la pintura se evaluó en el Laboratorio de Pinturas y Barnices del Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas (CIIQ) a la que se le realizaron diferentes ensayos para evaluar su calidad.

La muestra analizada no presentó sedimento en el envase, su consistencia fue normal y el procedimiento de homogenización se realizó manualmente. Se aplicó tal y como viene en el envase, con un aplicador de 175 μ m para el ensayo de resistencia al frote, de 125 μ m para la determinación del poder cubriente y una brocha para el resto de los ensayos, obteniéndose una película continua, uniforme, con buena nivelación y brochabilidad. Los ensayos se realizaron a una temperatura de $(23,8 \pm 0,20)$ °C y la humedad relativa de $(33,4 \pm 0,01)$ %.

Evaluación de la capacidad fungicida de los recubrimientos aplicados en la pared

Se realizaron pruebas de uso con pintura vinil suministrada por Vitral a la cual se le agregaron diferentes porciones de la zeolita modificada con cinc, para estudiar el comportamiento de estos recubrimientos en el tiempo. En la *tabla 1* se muestran las formulaciones aplicadas. Estas pruebas consistieron en pintar una pared contaminada con moho a la cual se le retiró el moho antes de pintarla, como referencia se pintó una franja con el vinil convencional sin la zeolita. En la *figura 1* se observa la imagen de la pared antes de pintar y luego de aplicada la pintura. Se le realizó seguimiento por un año y se obtuvieron varias imágenes demostrativas de la evolución del crecimiento microbiano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la zeolita modificada con cinc

El material obtenido se caracterizó por Microscopía Electrónica de Barrido y se determinó el contenido de cinc. Dicho análisis se realizó por triplicado dando un contenido promedio de cinc de 3%. En la **figura 2** se muestran las flechas que indican la presencia de cinc en la zeolita y el Difractograma donde se observan los picos característicos del Zn.

Ensayos microbiológicos

Esterilidad de las muestras de zeolita y pintura fungicida

Las pruebas de esterilidad tanto de la Zeolita-Zn como de la pintura con agregado de zeolita mostraron que no hubo crecimiento de hongos. En la **figura 3** se muestran imágenes de las placas de Petri con las

Tabla 1. Formulaciones de pinturas aplicadas a la pared contaminada

Franja	Formulación
1	Vinil color blanco sin zeolita-Referencia
2	ZZn-3%
3	ZZn-5%

siembras directas (sin diluciones), las cuales están totalmente desprovistas de microorganismos.

Como se observa en la figura anterior no hubo crecimiento microbiano de hongos en las placas, lo que indica que las muestras de pintura y zeolita estaban estériles.

Actividad fungicida de la pintura formulada

Estos consistieron en inocular varios microorganismos en las respectivas muestras de pinturas y evaluar el crecimiento microbiano en el



Figura 1. Imagen de las pruebas de uso con pintura modificada. a) Antes de pintar y b) después de aplicada la pintura.

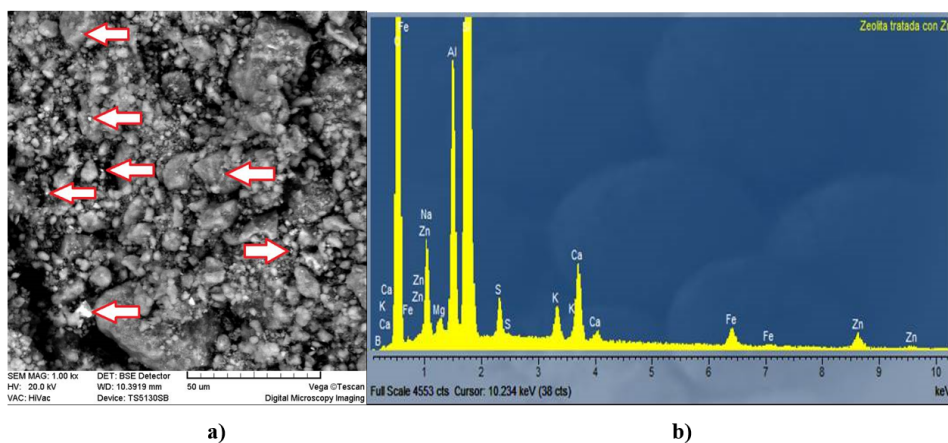


Figura 2. Caracterización de la Zeolita-Zn. a) Microscopía electrónica de barrido y b) Difractograma

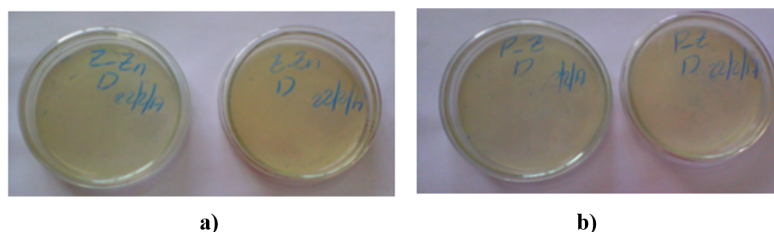


Figura 3. a) Siembra a partir de la muestra de zeolita y b) siembra a partir de la muestra de pintura

tiempo. Se le realizó el estudio a la pintura formulada con la Zeolita-Zn y a una pintura vinil sin el aditivo de zeolita que sirvió como control. Los resultados indicaron que la muestra de pintura con zeolita no presentó crecimiento durante todo el ensayo, no ocurriendo así con la muestra de pintura sin zeolita la cual mostró desarrollo elevado de hongos. Los resultados se reportaron en la tabla a continuación. Los microorganismos utilizados en el ensayo fueron: hongos *Aspergillus Níger*, *Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus pollulans* y *Alternaria alternata*.

Simbología utilizada:

- 0: ningún crecimiento
- 1: indicios de crecimiento (< 10%)
- 2: crecimiento ligero (10-30) %
- 3: crecimiento moderado (30-60) %
- 4: crecimiento elevado (60 % hasta cubrimiento total)

Los análisis microbiológicos realizados a las muestras de pintura mostraron que la muestra con el aditivo de zeolita no mostró crecimiento microbiano durante todo el ensayo, sin embargo, la muestra sin aditivo comenzó a presentar crecimiento, siendo elevado al cabo de los 14 días. Se puede decir que la dosis de zeolita utilizada en la formulación es capaz de proteger el recubrimiento durante todo el tiempo evaluado.

Determinación de las características físico-mecánicas

Con el propósito de evaluar la calidad de la pintura vinil obtenida respecto a sus características físico-mecánicas se le realizaron diferentes ensayos cuyos resultados se muestran en la **tabla 3** a continuación.

Comparando los valores obtenidos de la muestra con la línea 52 que es la que se fabrica actualmente en la fábrica de Pinturas Vitral, se observa que son

Tabla 2. Resultados de la actividad fungicida

Muestra	Evaluación después de:				
	Tiempo en días				
	5	10	14	21	28
Pintura con zeolita	0	0	0	0	0
Pintura sin zeolita	1	2	4	-	-

similares solamente en la densidad y viscosidad, el pH es un poco más bajo y el grado de dispersión es muy bajo, debido a la granulometría de la zeolita usada en la formulación. Los espesores seco y húmedo, así como el rendimiento y los sólidos por volumen se corresponden entre sí.

Examinando los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia al frote con abrasivo, se puede decir que la muestra evaluada se encuentra en la clasificación de uso para interiores y el poder cubriente es excelente, considerando que el cubrimiento completo es, según plantea la literatura, cuando la relación de contraste es del 98%.

Resultado de la aplicación de los recubrimientos en la pared

Los resultados de la aplicación del recubrimiento con aditivo de Zeolita-Zn en una pared contaminada en el CIPIMM confirmaron lo obtenido en los estudios microbiológicos a nivel de laboratorio, en la imagen de la **figura 4** se muestran evidencias fotográficas del estudio.

En la imagen a la izquierda se muestra que en la franja denotada con el número 1, que representa a la pintura sin el aditivo de zeolita, al cabo de los 6 meses ya comienza a notarse presencia de crecimiento microbiano, no ocurriendo así en las franjas 2 y 3 que corresponde a una pintura con zeolita al 3 y 5% en peso de la formulación respectivamente. Al año de iniciado el estudio se observa un incremento considerable del deterioro microbiano en la película de pintura de la franja 1 y

Tabla 3. Resultados de los ensayos físico-mecánicos

Parámetros	Muestra	Línea 52 (Ficha técnica)
Densidad a 25°C (g/mL)	1,399 ± 0,003	1,38 ± 0,02
Viscosidad Stormer a 23 °C (KU)	83,6 ± 0,02	75-90
Grado de dispersión (µm)	95-100	65-50
Contenido de materia no volátil (%)	50,6 ± 0,02	-
Sólidos por volumen (%)	34 ± 0,003	-
pH	6,68	8-9
Secado al tacto	30 min	-
Secado total	50 min	-
Espesor húmedo (µm)	193 ± 0,02	-
Rendimiento teórico (m ² /L)	6,5 a 66 µm de espesor seco	-
Espesor seco (µm)	66 ± 0,1	-
Resistencia al frote húmedo c/ abrasivos (ciclos)	181,5 ± 0,02	-
Relación de contraste (%)	99,2 ± 1	-

comienza a percibirse un ligero crecimiento en las franjas 2 y 3. En la imagen a la derecha se muestra que a los 15 meses en las franjas 2 y 3 se ha controlado el desarrollo de microorganismos, por lo que se puede afirmar que la incorporación de Zeolita-Zn en la formulación de la pintura base acuosa ha tenido un efecto inhibitorio del crecimiento si se compara con lo ocurrido en el recubrimiento de la franja 1.

CONCLUSIONES

1. La Zeolita-Zn obtenida es efectiva en la inhibición del crecimiento de varios microorganismos de hongos.
2. La dosis de Zeolita-Zn empleada en la formulación de la pintura fungicida permite una protección segura de los recubrimientos expuestos al exterior por más de un año.
3. De acuerdo a las características físico-mecánicas de la pintura desarrollada, ésta está apta para ser usada en interiores con un excelente poder cubriente.
4. Es posible el empleo de la Zeolita-Zn como una alternativa a la sustitución de los biocidas convencionales e ir al desarrollo de pinturas compatibles con el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

Bellotti N., Bogdan S., Deyá C. & Amo B.d. 2011. Evaluación de la actividad antifúngica de una sal de amonio cuaternario para su aplicación en pinturas. 3er Congreso Iberoamericano y XI Jornada de Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio. Tópico 3 No. 15:9.



Figura 4. Resultados de la aplicación del recubrimiento con zeolita en pared de mampostería

Bellotti N., Bogdan S., Deyá C. & Amo B.d. 2011. Evaluación de extractos vegetales como agentes antifúngicos para pinturas. 3er Congreso Iberoamericano y XI Jornada de Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio:7.

Bogdan S., Deyá C. & Romagnoli R. 2015. Evaluación de timol para el control antifúngico sobre películas de pintura. Revista *Matéria* V.20 (N.03):6.

Bogdan S.2017. Microesferas de sílica mesoporosa como soportes de biocida natural en pinturas antifúngicas. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Disponible: <<https://repositoriosdigitales.mnrcyt.gov.ar>>, [Consultado: 3 20, 2022].

Pereyra A.M., Machado G.E. & Rosato V.G. 2015. Evaluación de la capacidad antifúngica de pinturas de base acuosa formuladas con aditivos biocidas basados en cationes metálicos estabilizados en matrices zeolíticas. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Disponible: <<https://repositoriosdigitales.mnrcyt.gov.ar>>, [Consultado: 3 20, 2022].

Conflicto de Intereses: Los autores de este trabajo declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores: **Redacción - primera redacción:** Maylín Laurel Gómez. **Investigación:** Maylín Laurel Gómez y Yaysel Lozada García. **Metodología:** Maylín Laurel Gómez. **Redacción - revisión y edición:** Maylín Laurel Gómez y Yaysel Lozada García.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)