

CAPTACIÓN DE AMONIO EN ZEOLITA AL INCUBAR GALLINAZA Y RESIDUOS DE CODORNIZ

Ammonium Uptake in Zeolite During Incubation of Quail Poultry Manure

Sarai Guadalupe Valerio Luna¹, Roberto Quintero Lizaola^{1‡},
Gustavo Adolfo de Jesús Baca Castillo¹ y Aníbal Griceldo Quispe Limaylla¹

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 56230 Montecillo, Estado de México, México.

[‡] Autor responsable (quintero@colpos.mx)

RESUMEN

Con la finalidad de conocer el efecto de la zeolita en la volatilización del dióxido de carbono (CO₂) y amoníaco (NH₃), se estableció un ensayo de incubación durante 20 días en condiciones controladas de humedad y temperatura, para lo cual se realizaron mezclas entre residuos orgánicos de aves y cantidades de zeolita utilizando un diseño factorial 24, teniendo un total de 8 tratamientos donde se evaluaron cada día las emisiones de CO₂ y NH₃. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y a una prueba de Tukey. Los resultados mostraron que la zeolita ayuda a la disminución de emisiones de NH₃, y no afectó la actividad microbiana presente, se concluye que la zeolita atrapó el ion amonio en su estructura y no permitió su transformación a NH₃.

Palabras clave: CO₂; NH₃; microorganismos.

SUMMARY

In order to determine the effect of zeolite on the volatilization of carbon dioxide (CO₂) and ammonia (NH₃), an incubation assay was established for 20 days under controlled conditions of humidity and temperature. Quail manure and zeolite were mixed in different quantities, for a total of 8 treatments in a 24 factorial design. Emissions of CO₂ and NH₃ were measured daily. The results were evaluated using the statistical package (SAS) and Tukey test. Significant differences were obtained when the amounts of zeolite were evaluated with respect to emissions. The results show that zeolite helps decrease NH₃ and did not affect microbial activity. It is concluded that zeolite captures ammonium ion in its structure and does not permit its transformation to NH₃.

Index words: CO₂; NH₃; microorganisms.

INTRODUCCIÓN

El sector avícola genera impactos negativos, por la mala disposición de los residuos orgánicos, durante el proceso de descomposición del residuo al no contar con un sistema adecuado surgen emisiones de CO₂ (dióxido de carbono), NH₃ (amoníaco) y H₂S (sulfuro de hidrógeno), causando degradación ambiental en el entorno (Rodríguez y Córdova, 2006; García *et al.*, 2007).

El nitrógeno (N) es un nutriente esencial para los seres vivos, ya que es uno de los constituyentes principales de biomoléculas como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos (Celaya y Castellanos, 2011). El término volatilización se utiliza para describir el proceso de pérdida de N en forma de amoníaco (NH₃) (Celaya y Castellanos, 2011).

Si los factores ambientales permanecen constantes, pueden generarse menores pérdidas y magnitudes de gases, durante el proceso de degradación de un residuo orgánico. Para el caso de amoníaco se debe tener en cuenta la siguiente ecuación $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$, con la finalidad de controlar el proceso de volatilización del NH₃ (amoníaco) que es uno de los gases principales del efecto invernadero (Casanova, 1993).

Los residuos orgánicos de aves contienen una gran cantidad de nitrógeno orgánico el cual se convierte rápidamente en amoníaco (García, 2010), que se volatiliza generando contaminación, para poder minimizar este impacto están surgiendo nuevas investigaciones buscando formas de recuperación y estabilización de este ion.

Como citar este artículo:

Valerio Luna, S. G., R. Quintero Lizaola, G. A. J. Baca Castillo y A. G. Quispe Limaylla. 2016. Captación de amonio en zeolita al incubar gallinaza y residuos de codorniz. *Terra Latinoamericana* 34: 201-206.

Recibido: marzo de 2015. Aceptado: octubre de 2015.

Publicado en *Terra Latinoamericana* 34: 201-206.

La zeolita es un mineral cuya estructura tridimensional le permite tener propiedades óptimas para retener y liberar agua, así como intercambiar iones sin modificar su estructura atómica, estas propiedades lo hacen un elemento importante para ser utilizado en el intercambio de Ca^+ , Mg^{++} , K^+ , y NH_4^+ (Chica Toro *et al.*, 2006).

El mecanismo de la zeolita para controlar el olor nocivo es mediante la captura del amonio y la prevención de la formación del amoníaco. La zeolita con amonio se convierte en un producto secundario que podría utilizarse como fertilizante. El objetivo de este trabajo fue evaluar el proceso de mineralización de dos residuos avícolas y la participación de la zeolita en el proceso de transformación del ácido úrico en carbonato de amonio midiendo la liberación de CO_2 (dióxido de carbono) y el NH_3 (amoníaco).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Colegio de Posgraduados campus Motecillo. El trabajo comprendió la evaluación de la volatilización del amoníaco (NH_3) y del dióxido de carbono (CO_2) provenientes de los residuos avícolas. Uno proveniente de la granja de gallinas ponedoras del Colegio de Posgraduados y el segundo procedente de la producción de Codorniz del municipio de San Bernardino. Estos residuos fueron mezclados con cuatro cantidades de zeolita procedente de la mina San Francisco ubicada en Rinconada Arakan N° 127 Colonia: Lomas 4ª Sección en San Luis Potosí, S.L.P., México.

El proceso de incubación se realizó en un sistema cerrado, el cual consistió en colocar la muestra de los residuos en frascos de polietileno de 500 ml, las cuales fueron humedecidas al 70% de su capacidad hídrica, cada unidad experimental se repitió tres veces.

Determinación de Dióxido de Carbono (CO_2)

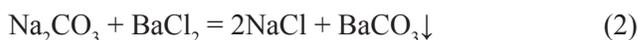
El CO_2 se cuantificó utilizando el método descrito por Anderson (1982) modificado. El cual consistió en colocar un álcali de 3 ml de NaOH 1N, para determinar el desprendimiento de CO_2 mediante la titulación con H_2SO_4 0.1N, en presencia de tres gotas de fenoltaleína al 1%. Por último, la precipitación de los carbonatos con 2 ml de BaCl_2 al 2%.

El CO_2 liberado durante la respiración aeróbica puede ser adsorbido en solución alcalina y medida

como un índice de la tasa de respiración. La reacción en la cual el CO_2 es adsorbido se determinó utilizando la Ecuación 1:



La cantidad de CO_2 adsorbido es equivalente a la cantidad de NaOH consumido. Para determinar esto, se precipita el carbonato (CO_3^{2-}) con BaCl_2 y se titula el remanente NaOH con H_2SO_4 estándar. Las reacciones son:



De la diferencia entre la cantidad de NaOH presente inicialmente y el remanente después de la exposición al CO_2 se obtiene la cantidad de gas producido por respiración mediante la Ecuación 4:

$$R = (B-M) NE \quad (4)$$

dónde: R = respiración microbiana en mg CO_2 , B = volumen de ácido necesario para titular el NaOH promedio de los blancos (en ml), M = cantidad de ácido necesario para titular el NaOH de la muestra (en ml), N = normalidad del ácido, E = peso equivalente del CO_2 .

La acumulación de CO_2 se determinó únicamente sumando los mg de CO_2 que se produjeron cada día.

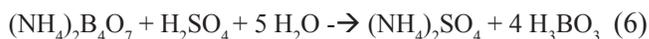
Determinación de Amoníaco (NH_3)

Se cuantificó la volatilización de NH_3 desprendido de la muestra que se capturó en un álcali de 3 ml de H_3BO_3 . Se evaluó la alícuota colocando 2 gotas de indicadores y valoró con H_2SO_4 hasta que el color cambió de verde a rosa.

La reacción química que se da en la captura del amoníaco volatilizado se muestra a continuación con la Ecuación 5:



Al titular con ácido sulfúrico se obtiene:



La concentración de volatilización se calculó con la Ecuación 7:

$$N\text{-NH}_3 \text{ (mg)} = V * N * 14 \quad (7)$$

donde: V = volumen medio de H₂SO₄ necesario para valorar el NH₃ en cada una de las muestras, N = normalidad del H₂SO₄, 14 = peso del nitrógeno.

Análisis Estadístico

El diseño experimental de este trabajo fue un factorial 2⁴. Se evaluaron cuatro cantidades diferentes de zeolita en dos tipos de residuos orgánicos avícolas teniendo un total de 8 tratamientos (Cuadro 1), donde se evaluaron las tasas de emisión de CO₂ y NH₃.

Los resultados obtenidos de las titulaciones fueron sometidos a un análisis de varianza y a una prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) mediante el programa de SAS (2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados generados en esta investigación muestran que los residuos orgánicos de las aves pueden transformarse rápidamente, debido a la composición y población microbiana presente (Celaya y Castellanos, 2011), además de contener materiales fácilmente degradables como proteínas y azúcares (Celaya y Castellanos, 2011; Contreras *et al.*, 2006).

Las emisiones de CO₂ y NH₃, son variables independientes que permiten establecer relaciones de contaminación y de la actividad microbiana presente

en el proceso de mineralización de residuos avícolas. Durante el experimento se presentaron volatilizaciones máximas de 47.67 mg de CO₂ g⁻¹ en los residuos orgánicos de la codorniz, mientras que la gallinaza presenta emisiones inferiores a esta. La liberación de CO₂, sirve como referencia de la actividad microbiana presente en el medio (Guerrero *et al.*, 2012).

Evolución de Bióxido de Carbono

En los primeros cinco días de la incubación se observaron las mayores variaciones de emisiones de CO₂, esto se debe a la actividad de los microorganismos ante la presencia del material rico en compuestos degradables (Celaya y Castellanos, 2011; Contreras *et al.*, 2006).

Al analizar las interacciones de cantidad de zeolita con respecto a las emisiones de CO₂ y NH₃, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos al utilizar los residuos provenientes de la codorniz (Cuadro 2). Sin embargo, en el caso de la gallinaza fueron iguales (Figura 1) por lo que se interpreta que la presencia de la zeolita no interfiere en la degradación de la gallinaza, de tal manera que la actividad biológica no se ve afectada por estos aluminio silicatos.

El C de la gallinaza se mineralizó un 34-35%, en las primeras cuatro semanas de la incubación, lo cual coincide con lo reportado por Contreras *et al.* (2006), quienes incubaron diferentes materiales y obtuvieron que la gallinaza y el estiércol de caprino mostraron una mejor repuesta inicial. Al evaluar los procesos de mineralización de los residuos orgánicos avícolas se encontró que no existe un comportamiento lineal, debido a que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con diferentes niveles de zeolita respecto a la emisión de CO₂, para el caso de la gallinaza, esto se interpreta como que el compuesto orgánico tiene más actividad constante, respecto al residuo de codorniz el cual contiene más material orgánico.

La cantidad de C-CO₂ acumulado desprendido por la actividad biológica de los tratamientos incubados durante un período de 20 días, tuvo un mayor aumento en los primeros 10 días (781.88 mg de CO₂ g⁻¹ en el tratamiento 7), en los otros tratamientos las emisiones de CO₂ fueron inferiores (Cuadro 2). Las emisiones de CO₂ generadas durante los 20 días de incubación, para el caso de los residuos de codorniz tuvo un mayor

Cuadro 1. Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Material orgánico	Cantidad	Material mineral	Cantidad
		g		g
T1	Gallinaza	20	Zeolita	0
T2	Gallinaza	20	Zeolita	10
T3	Gallinaza	20	Zeolita	15
T4	Gallinaza	20	Zeolita	20
T5	Codorniz	20	Zeolita	0
T6	Codorniz	20	Zeolita	10
T7	Codorniz	20	Zeolita	15
T8	Codorniz	20	Zeolita	20

Cuadro 2. CO₂ producido por los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Material orgánico	Cantidad	Material mineral	Cantidad	Emisiones de CO ₂
		g		g	mg de CO ₂ g ⁻¹
T1	Gallinaza	20	Zeolita	0	730.18 a [†]
T2	Gallinaza	20	Zeolita	10	745.36 a
T3	Gallinaza	20	Zeolita	15	750.78 a
T4	Gallinaza	20	Zeolita	20	742.57 a
T5	Codorniz	20	Zeolita	0	705.90 b
T6	Codorniz	20	Zeolita	10	738.02 b
T7	Codorniz	20	Zeolita	15	781.88 b
T8	Codorniz	20	Zeolita	20	77.16 b

[†] Medias con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

desprendimiento de CO₂ en los primeros 12 días (Figura 2), por lo que se interpreta que está vinculado con una mayor actividad microbiana posiblemente porque presenta más fracciones orgánicas de fácil descomposición en comparación con la gallinaza. A medida que transcurrió la incubación, los sistemas se estabilizaron, el material recientemente añadido de fácil degradación, comenzó a agotarse y, por lo tanto, el número de microorganismos disminuyeron al igual que el desprendimiento de CO₂.

Acosta *et al.* (2006), establecen que la actividad de los microorganismos que intervienen al inicio del proceso de transformación de la materia orgánica es máxima. Como consecuencia de tener a su alcance gran cantidad de compuestos fácilmente biodegradables procedentes de los materiales orgánicos de partida. Este

incremento indica que el material orgánico suministra la cantidad necesaria para la proliferación de los microorganismos encargados de la descomposición.

Las mayores emisiones diarias de CO₂ se alcanzaron el segundo día de incubación para los dos residuos orgánicos (Figura 2). Las altas intensidades iniciales de emisión de CO₂, reflejarían la presencia de carbono disponible en los sustratos orgánicos provenientes de compuestos fácilmente degradables (Guerrero *et al.*, 2012). En el Cuadro 2 se observan las emisiones de C-CO₂ acumulados por cada tratamiento. Los resultados de la interacción entre zeolita y los residuos orgánicos avícolas en el desprendimiento de CO₂, no presentaron diferencias estadísticamente significativas, es decir que la zeolita no influyó en el proceso de liberación de este gas.

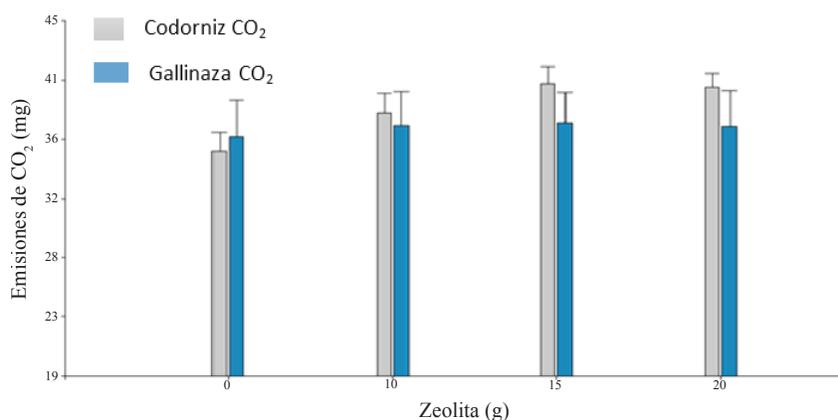


Figura 1. Emisiones de C-CO₂ en los tratamientos de residuos avícolas con diferentes niveles de zeolita.

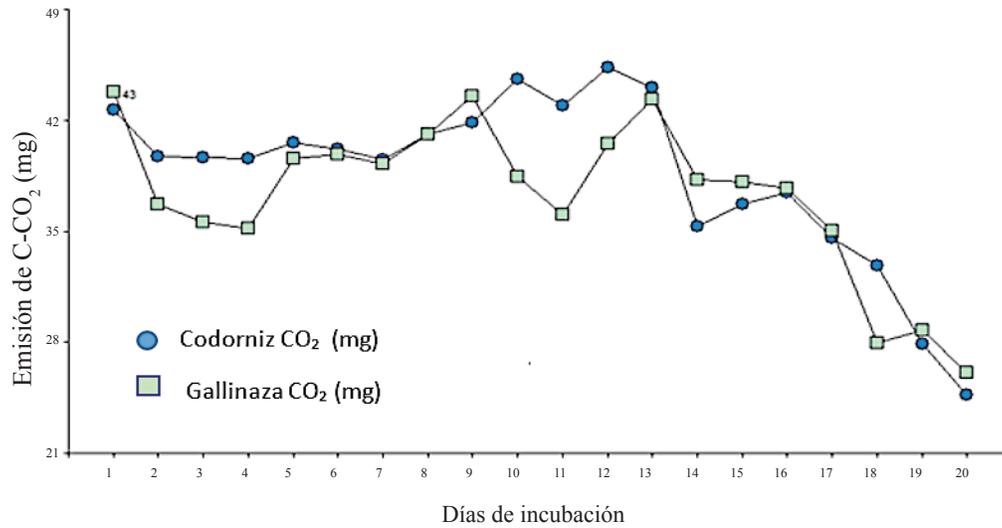


Figura 2. Evolución de C-CO₂ procedente de dos residuos orgánicos avícolas durante los días de incubación.

Nitrógeno Amoniacal (N-NH₃)

Se encontró que al analizar los dos tipos de residuos orgánicos avícolas, la gallinaza presentó mayores desprendimientos de NH₃ con respecto al de codorniz. Pero al evaluar la influencia de la cantidad de zeolita aplicada, existe una disminución de emisiones al tener más cantidad de zeolita (Figura 3).

Se observó que durante las primeras semanas de incubación, la mineralización del nitrógeno fue ascendente (Figura 2) debido a que en este periodo se produce la descomposición de azúcares, proteínas y celulosas, haciéndose más lenta hacia las últimas semanas en donde se están mineralizando aquellos materiales más resistentes y que necesitan más tiempo

para descomponerse (Philippot y Germon, 2005).

Para que la materia orgánica pueda descomponerse de manera eficiente debe contar con un ambiente óptimo que permita generar algunos microorganismos como: amilolíticos, lipolíticos, celulolíticos, ligninolíticos, amonificantes, fijadores de nitrógeno de vida libre, desnitrificantes y nitrificantes, los cuales ayudan a digerir sustancias de fácil y difícil descomposición (Quintero, 2014; Celaya y Castellanos, 2011). Los microorganismo amilolíticos y amonificantes están presente durante el proceso de mineralización de los residuos avícolas, la presencia de estos microorganismos ayudan a la degradación del material orgánico.

El desprendimiento de NH₃ acumulado alcanzó un valor total del 66% en los tratamientos que no contenían

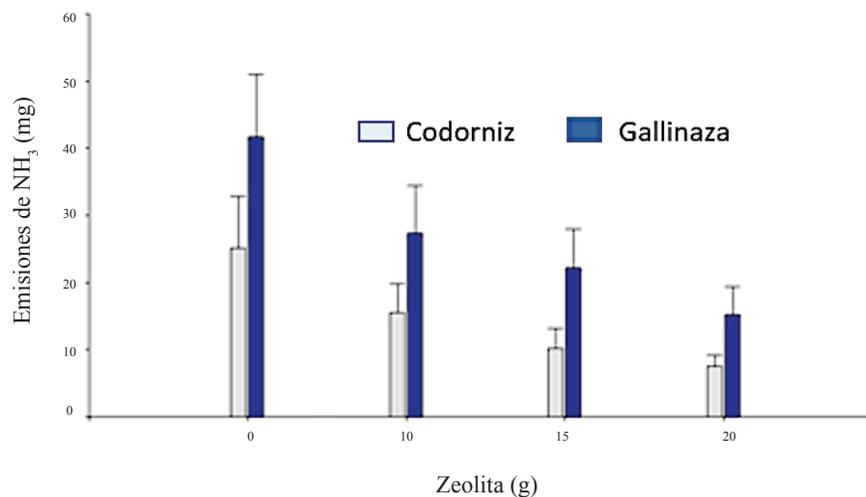


Figura 3. Volatilización de NH₃ en los diferentes niveles de zeolita durante todo el tiempo de incubación.

zeolita; este porcentaje se utilizó para compararlo con el repostado por Lara *et al.* (1997), que señalan que las pérdidas de nitrógeno por volatilización pueden ser superiores al 40% cuando no se tiene algún tratamiento previo.

En todos los tratamientos cuando se presentó el pico más alto de desprendimiento de CO₂ también se tuvo la mayor volatilización NH₃, la actividad microbiana que presentaron los residuos de codorniz se debe a que hay mayor presencia de microorganismos amonificantes esto puede ser a que todavía existe sustrato disponible (Quintero, 2014).

Relación entre la Volatilización del CO₂ y el NH₃

La correlación que existió entre las emisiones de CO₂ y NH₃ fue de $r^2 = 0.65$, lo que permite suponer que, tanto el CO₂ producido sirve como indicador de la actividad microbiana presente como para dar información sobre las variaciones del proceso de mineralización de N asociadas con las pérdidas de volatilización en forma de NH₃.

La reducción de las emisiones de NH₃ al ir aumentando las dosis de zeolita, en los dos residuos avícolas, indican que el uso de zeolita ayuda en el proceso de transformación del ácido úrico presente en los residuos avícolas, no permitiendo que se descomponga en carbonato de amonio y que se pierda por volatilización.

CONCLUSIONES

- El tratamiento que presentó mejores resultados en la disminución de volatilización del NH₃ es el que tiene una relación 1:1 (residuo:zeolita), lo cual indica que aplicar zeolita para tratar los residuos orgánicos avícola ayudarán a la disminución de los riesgos de contaminación del aire, los cuales están asociados a la volatilización de NH₃.

- Se concluye que la zeolita no es útil para reducir emisiones de CO₂, siendo el residuo orgánico proveniente de la codorniz el que emitió mayores cantidades.

LITERATURA CITADA

- Acosta, Y., J. Cayama, E. Gómez, N. Reyes, D. Rojas y H. García. 2006. Respiración microbiana y prueba de fitotoxicidad en el proceso de compostaje de una mezcla de residuos orgánicos. *Multiciencias* 6: 220-227.
- Casanova, O. N. 1993. Principales procesos de pérdida de nitrógeno. Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay. pVIII. 45-48. Montevideo, Uruguay.
- Celaya M., H. y A. E. Castellanos V. 2011. Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana* 29: 343-356.
- Contreras, F., J. Paolini y C. Rivero. 2006. Efecto de la adición de enmiendas orgánicas sobre la cinética de la mineralización del carbono en suelos del municipio Rivas Dávila, estado Mérida, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 31: 37-52.
- Chica Toro, F. J., L. M. Londoño Benítez y M. I. Álvarez Herrera. 2006. La zeolita en la mitigación ambiental. *Rev. Lasallista Inv.* 3: 30-34.
- García, Y., A. Ortiz y E. Lon Wo. 2007. Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. Instituto de Ciencia Animal. José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.
- García, C. H. 2010. La aplicación de zeolita en la producción avícola. *RIAA* 1: 17-23.
- Guerrero O., P. L., R. Quintero L., V. Espinoza H., G. S. Benedicto V., M. J. Sánchez C. 2012. Respiración de CO₂ como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de lupinus. *Terra Latinoamericana* 30: 355-362.
- Lara Cabezas, W. A. R., G. H. Korndorfer, e S. A. Motta. 1997. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I - Efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. *Rev. Bras. Cienc. Solo* 21: 481-487.
- Philippot, L. and J. C. Germon. 2005. Contribution of bacteria to initial input and cycling of nitrogen in soils. pp. 159-176. *In*: F. Buscot and A. Varma (eds.). *Microorganisms in soils: Roles in genesis and functions*. *Soil Biology*: 3. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- Quintero L., R. 2014. Poblaciones microbianas, actividad enzimática y sustancias húmicas en la biotransformación de residuos. *Terra Latinoamericana* 32: 161-172.
- Rodríguez Salinas, M. A. y A. Córdova V. 2006. Manual de compostaje municipal. Tratamientos de residuos sólidos urbanos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México, D. F.
- SAS Institute. 2014. Base SAS 9.4 procedures guide: Statistical procedures. SAS Institute. Cary, NC, USA.