



CARACTERIZACIÓN DE BARROS INDUSTRIALES PARA SU USO COMO FERTILIZANTE ORGÁNICO

Ruda, Ester/ Ocampo, Ester/ Acosta, Adriana/ Mongiello, Adriana/ Contini, Liliana
Departamento de Química. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral. Santiago del Estero 2829. CP: 3000. Santa Fe

CHARACTERIZATION OF INDUSTRIAL SLUDGES TO BE USED AS ORGANIC FERTILIZER

ABSTRACT

The incorporation of organic fertilizers to the soil turns its structure granular and/or crumbly, thus favouring both water retention and distribution and root and microorganism breathing, and adding not only organic carbon but also other macronutrients. Industrial sludge samples -aerobically treated effluents- from a jelly factory were used. The objective of this work is to characterize those sludges with the necessary precision to allow a feasibility analysis of their use as organic fertilizers under the prevailing laws. Two spray-dried samples a week –taken at random- were analyzed during a month. Analyses (in quintuplicate) were as follows: Apparent Density, Actual Density, pH, Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Calcium and Potassium. Statistical analyses for each variable (Mann-Whitney Test, Kolmogorov-Smirnov Test, Levene Statistic and Anova) were performed in two temporal senses: a transverse (every week) one and a longitudinal (along four weeks) one. Each variable was found not to depend on the sampling place or time, sludges chemical composition being considered stable.

KEY WORDS: industrial sludges, organic fertilizer.

RESUMEN

La incorporación de fertilizantes orgánicos al suelo hace que la estructura se vuelva granular y/o migajosa, lo cual favorece la retención y distribución del agua y la respiración de raíces y microorganismos. Además, no solo se agrega carbono orgánico al suelo, sino también otros macronutrientes. Se utilizaron muestras de barros industriales provenientes del tratamiento aeróbico de efluentes de una fábrica de gelatina. El objetivo de este trabajo es caracterizar dichos barros con la precisión necesaria para posibilitar el análisis de factibilidad de su uso como fertilizante orgánico en el marco de la legislación vigente. Se analizaron dos muestras al azar por semana (provistas secas en forma *spray*), durante un mes seguido. Los análisis (quintuplicado para cada muestra) fueron: Densidad Apparente, Densidad Real, pH, Carbono, Nitrógeno, Fósforo, Calcio y Potasio. El análisis estadístico de las determinaciones de cada variable se realizó en dos sentidos temporales, uno transversal (en cada semana) y otro longitudinal (a lo largo de las cuatro semanas). Los tratamientos estadísticos que se usaron fueron: Prueba de Mann-Whitney, Test de Kolmogorov-Smirnov, Estadístico Levene y Análisis de las Variancias. Se encontró que las mediciones obtenidas de cada variable no dependen ni del lugar de muestreo ni del momento en el tiempo en el que se tomó dicha muestra, considerándose que los barros se producen con una composición química estable.

PALABRAS CLAVES: barros industriales, fertilizantes orgánicos.

INTRODUCCIÓN

Los fertilizantes orgánicos tienen una proporción baja de elementos nutritivos con relación a los fertilizantes minerales, pero el aporte se hace importante por el considerable volumen aplicado. Al usar estos se debe considerar que su liberación a la solución del suelo y su incorporación a los procesos físicoquímicos del sistema suelo-planta no es inmediato, porque exige la previa mineralización de la materia orgánica. Los fertilizantes orgánicos agregados al suelo activan los procesos microbiológicos, la estructura del suelo se vuelve granular o migajosa lo que favorece la retención y distribución del agua y respiración de raíces y microorganismos [1]. También se aumenta la capacidad amortiguadora y reguladora de la temperatura del suelo [2]. La liberación lenta y progresiva es una garantía de que los elementos móviles permanezcan retenidos en el suelo, de modo que no sean lavados fácilmente [3].

La dinámica de la materia orgánica de los barros sigue pautas similares a las observadas para otros residuos orgánicos, encontrándose sujeta a diferentes factores tales como: tipo de suelo, nivel de materia orgánica original del suelo, cultivos, temperatura, humedad, pH y aireación del suelo [4].

Por otro lado conviene destacar que los barros podrían representar una fuente de micronutrientes como hierro, molibdeno y otros, que son también esenciales para los cultivos y no son aportados por los fertilizantes sintéticos al ser estos cada día más puros y de mayor concentración en macronutrientes.

Los barros obtenidos a partir del tratamiento de efluentes en un sistema aeróbico contienen una importante fracción orgánica semejante a los estiércoles animales y un nivel nada despreciable de nutrientes, por lo que se los podría emplear con fines agrícolas para compensar la pérdida de materia orgánica y de nutrientes del suelo. De este modo se conseguiría por un lado, restaurar la fertilidad de los suelos, y por otro darle salida a estos, evitando así los posibles problemas de contaminación ambiental que su acumulación plantea.

El empleo de barros aeróbicos en agricultura es de uso corriente tanto en Europa como en EE.UU. resultando su uso en un aumento de rendimiento en los cultivos. En nuestro país no se conocen antecedentes de su uso como mejorador de la fertilidad química del suelo, por lo que es necesario hacer su caracterización química precisa y determinar si los elementos químicos analizados en él están acordes con los valores límites permitidos para materiales de esta naturaleza por las normativas vigentes. El objetivo del presente estudio es la caracterización y

cuantificación de elementos químicos en barros aeróbicos provenientes de una fábrica de gelatina (a partir de cuero vacuno), generados en el tratamiento de efluentes.

Con la investigación propuesta se dispondrá en el mercado de un material que podrá ser utilizado como fertilizante orgánico (complemento de fertilizantes minerales) en un sistema convencional, o en un sistema alternativo de producción agropecuaria en franca expansión en el país: la "agricultura orgánica", como así también en la recuperación de suelos degradados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron muestras de barros aeróbicos de una planta de tratamiento de efluentes de una fábrica de gelatina. Se tomaron dos muestras al azar por semana (provisita seca en forma *spray*) durante un mes. Los análisis (quintuplicado para cada muestra) fueron: Densidad Aparente (Método de la Probeta), Densidad Real (Método del Picnómetro), Porosidad = (Densidad Real - Densidad Aparente / Densidad Real) 100, pH 1:2,5 (Método Electrométrico), % Carbono (Método Walkley y Black), % Materia Orgánica (% Carbono x 1,72), Nitrógeno (Método Kjeldahl), Fósforo (Método colorimétrico del Azul de Molibdeno, analizando la solución clorhídrica de cenizas del barro), % Calcio (Método de precipitación con oxalato de amonio, analizando la solución clorhídrica de cenizas del barro), y % Potasio (Fotometría de llama, analizando la solución clorhídrica de cenizas del barro).

El análisis estadístico de las determinaciones de cada variable se realizó en dos sentidos temporales, uno transversal (en cada semana) y otro longitudinal (a lo largo de las cuatro semanas). Los tratamientos estadísticos que se usaron fueron: Prueba de Mann-Whitney y Test de Kolmogorov-Smirnov [5, 6], Estadístico Levene [7] y (ANOVA) Análisis de las Variancias [8]. Se adoptó un nivel de significancia de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 se presentan los resultados de los análisis de las muestras de barro aeróbico sólido, secado por *spray*.

El análisis transversal se hizo en primer término con el fin de determinar si las muestras de cada semana pueden considerarse estadísticamente iguales, es decir, se investigó si las mismas dependen del lugar de muestreo. Para esto se usó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney (Tabla 9), encontrándose que, en general, las muestras pueden considerarse como provenientes de la

Tabla 1: densidad aparente (gr/cm³)

Primera semana		Segunda semana		Tercera semana		Cuarta semana	
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
0,50	0,52	0,49	0,50	0,54	0,50	0,54	0,50
0,51	0,51	0,51	0,53	0,59	0,50	0,53	0,50
0,50	0,55	0,51	0,52	0,50	0,53	0,53	0,52
0,53	0,53	0,52	0,52	0,53	0,51	0,55	0,53
0,51	0,50	0,55	0,51	0,51	0,49	0,52	0,49

Tabla 2: densidad real (gr/cm³)

Primera semana		Segunda semana		Tercera semana		Cuarta semana	
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
0,88	0,90	0,88	0,90	0,89	0,88	0,88	0,89
0,90	0,88	0,89	0,90	0,88	0,91	0,88	0,89
0,91	0,90	0,91	0,91	0,90	0,87	0,89	0,90
0,87	0,88	0,91	0,91	0,88	0,91	0,90	0,88
0,91	0,91	0,88	0,92	0,92	0,89	0,89	0,91

Tabla 3: análisis de Carbono (%)

Primera semana		Segunda semana		Tercera semana		Cuarta semana	
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
29,15	32,15	32,33	31,42	32,28	33,10	32,75	32,27
33,08	29,25	33,05	32,75	30,03	33,08	29,16	33,10
29,70	30,50	29,83	31,20	33,08	29,84	33,08	29,43
31,04	31,42	29,95	33,04	31,14	31,50	29,25	32,03
32,75	33,01	29,10	29,91	29,10	32,75	31,42	31,09

Tabla 4: determinación de pH

Primera semana		Segunda semana		Tercera semana		Cuarta semana	
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
6,90	7,00	6,90	6,90	6,90	7,00	7,00	7,00
7,00	6,90	6,90	6,90	7,00	6,90	7,00	6,90
7,00	6,90	7,00	7,00	7,00	6,90	6,90	7,00
7,00	7,00	7,00	6,90	7,00	7,00	6,90	6,90
7,00	7,00	7,00	7,00	6,90	7,00	6,90	7,00

Tabla 5: determinación de Nitrógeno (%)

Primera semana		Segunda semana		Tercera semana		Cuarta semana	
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
7,15	7,12	7,11	7,20	7,12	7,00	7,20	7,17
7,11	7,00	7,11	7,00	7,20	7,15	7,00	7,18
7,20	7,20	7,12	7,12	7,20	7,11	7,00	7,11
7,18	7,19	7,17	7,18	7,13	7,12	7,18	7,15
7,05	7,16	7,01	7,03	7,19	7,20	7,18	7,02

Tabla 6: determinación de Fósforo (%)

Primera semana		Segunda semana		Tercera semana		Cuarta semana	
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
1,00	0,95	0,96	0,95	1,00	0,99	0,96	0,97
0,95	1,00	0,95	0,99	0,97	1,00	0,96	0,95
0,96	1,00	0,99	1,00	0,98	0,97	1,00	0,99
0,99	0,96	0,99	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99
0,97	0,99	0,97	1,00	0,98	0,95	0,98	0,98

Tabla 7: determinación de Potasio (%)

Primera semana		Segunda semana		Tercera semana		Cuarta semana	
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
0,37	0,36	0,37	0,37	0,35	0,35	0,35	0,38
0,37	0,35	0,36	0,37	0,36	0,37	0,36	0,37
0,36	0,36	0,37	0,36	0,35	0,36	0,36	0,36
0,38	0,37	0,39	0,36	0,36	0,35	0,34	0,35
0,34	0,37	0,33	0,37	0,36	0,38	0,37	0,37

Tabla 8: determinación de Calcio (%)

Primera semana		Segunda semana		Tercera semana		Cuarta semana	
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
6,20	6,00	5,80	6,00	5,95	6,20	5,93	5,88
6,13	5,93	6,16	6,20	6,13	6,00	5,79	5,93
6,00	5,80	5,92	5,80	6,00	5,80	6,00	6,00
5,93	6,17	6,13	5,85	5,93	5,89	6,10	6,10
5,79	6,19	6,20	6,01	6,25	6,05	6,13	6,23

misma población ($p > 0,151$), excepto para la variable densidad aparente que, en la semana 4 de este estudio, se encontró que las determinaciones promedio de cada muestra no son estadísticamente iguales al 5% ($p = 0,032$).

La prueba precedente no se realizó para la variable pH, porque los valores obtenidos para todas las muestras y a lo largo de las cuatro semanas fueron: 6.90 y 7.00 (Figura 1).

El análisis longitudinal se realizó con el fin de determinar si la composición de los barros fue estable a lo lar-

go del tiempo del estudio. Para esto, se hizo un análisis de la varianza a un factor: "tiempo" con cuatro niveles: "semanas", utilizando en cada semana las determinaciones provenientes de las dos muestras tomadas como una. Esta técnica estadística requiere de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza de las observaciones, razón por la cual, previo a él, se probó el ajuste a la normal con el test de Kolmogorov-Smirnov (Tabla 10) obteniéndose que este supuesto es válido para todas las muestras ($p > 0,292$, densidad real, sem.1).

La homogeneidad de varianzas se probó con el estadístico de Levene (Tabla 11), resultando en todos los casos $p > 0,131$ (%C).

Al hacer el Anova (Tabla 12) se encontró que no hay diferencias estadísticamente significativas en las determinaciones promedio de cada semana ($p > 0,574$, densidad real).

Siendo las mediciones obtenidas de cada variable las que se presentan en la Tabla 13, las mismas no dependen ni del lugar de muestreo ni del momento en el tiempo en el que se tomó dicha muestra; se considera que los barros se producen con una composición química estable, dentro de un intervalo de confianza del 95 %.

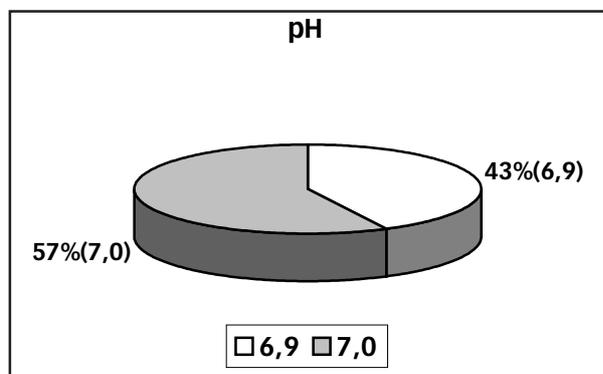


FIGURA 1: representación porcentual de los valores de pH de todas las muestras de barros en el tiempo total.

Tabla 9: valores p asociados a la prueba de Mann-Whitney

Semana	Densidad aparente	Densidad real	%C	%N	%P	%K	%Ca
1	0.548	0.310	1.000	0.841	0.690	0.690	0.548
2	0.841	0.222	0.548	0.690	0.421	1.000	0.690
3	0.151	0.841	0.310	0.222	1.000	0.548	0.548
4	0.032 ^(*)	0.421	1.000	0.841	0.841	0.222	0.841

(*) diferencia estadísticamente significativa al 5%.

Tabla 10: valores p asociados a la prueba de Mann-Whitney.

Semana	Densidad aparente	Densidad real	%C	%N	%P	%K	%Ca
1	0,894	0,292	0,985	0,893	0,686	0,681	0,618
2	0,799	0,589	0,771	0,675	0,571	0,459	0,907
3	0,650	0,814	0,905	0,803	0,911	0,509	0,967
4	0,898	0,612	0,159	0,567	0,877	0,923	0,971

Tabla 11: prueba de homogeneidad de varianzas.

Variable	Estadístico de Levene	Valor p
Densidad aparente (g/cm ³)	1,216	0,318
Densidad real (g/cm ³)	1,866	0,153
% C	2,002	0,131
% N	0,649	0,589
% P	1,878	0,151
% K	0,222	0,881
% Ca	1,109	0,358

Tabla 12: resultados del análisis de la varianza (ANOVA).

Variable	Estadístico F	Valor p
Densidad aparente (g/cm ³)	0,110	0,954
Densidad real (g/cm ³)	0,674	0,574
% C	0,554	0,649
% N	0,564	0,643
% P	0,030	0,993
% K	0,441	0,725
% Ca	0,641	0,594

CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados obtenidos se puede concluir que:

I. Utilizando un intervalo de confianza del 95% para los promedios, se observa que las mediciones obtenidas de cada variable no dependen ni del lugar de muestreo ni del momento en el tiempo en el que se tomó dicha muestra; se considera que los barros se producen con una composición química estable.

II. El contenido de materia orgánica (% C X 1,72 = 53,50%) y la presencia de iones Ca (a concentraciones relativamente elevadas % 5.9875 ± 0,059) influiría positivamente sobre la formación y estabilidad de los agregados del suelo, favoreciendo la solidez de los cimientos responsables de la agregación de las partículas finas del medio edáfico, amortiguando los procesos de erosión, especialmente en aquellos suelos pesados. La riqueza de los barros en materia orgánica y su carácter coloidal mejoraría el balance hídrico del suelo, al aumentar su capacidad de retención de agua, lo que le permitiría al suelo resistir mejor los períodos de sequía [9]. Una parte importante de la materia orgánica adicionada al suelo tendería a mineralizarse, descomponiéndose en productos más sencillos; otra fracción se incorporaría al suelo evolucionando a formas más resistentes a la degradación, incrementando y modificando las sustancias húmicas del medio edáfico.

Tabla 13: valores promedio de todas las variables.

Variable	Intervalo de confianza del 95 %	
Densidad aparente	0,5188 ± 0,0063	(0,5125; 0,5251)
Densidad real	0,8995 ± 0,0069	(0,8926; 0,9064)
%C	31,103 ± 0,6791	(30,424; 31,782)
%N	7,1255 ± 0,0216	(7,1039; 7,1471)
%P	0,9775 ± 0,0055	(0,9720; 0,9830)
%K	0,3620 ± 0,0037	(0,3583; 0,3657)
%Ca	5,9875 ± 0,0590	(5,9285; 6,0465)

III. El aporte de barro (Porosidad = 42 %) aumentaría la del suelo dada la baja densidad aparente de este producto (0,5188 ± 0,0063) g/cm³. Con ello se favorecería la penetración del agua y aire, estimulándose el crecimiento del sistema radicular de las plantas [10].

IV. El barro presenta un pH neutro (6, 9, 7). Valores de pH por debajo de la neutralidad indicarían que este no se encuentra maduro y por lo tanto inadecuado para su uso agrícola. La presencia, además, de iones Ca y de sales básicas le confiere un marcado poder tampón, por lo que podría usarse como enmienda cálcica de suelos ácidos. Su aplicación a suelos ácidos produciría un aumento de pH en el suelo que por un lado estaría acorde con el pH más favorable para el crecimiento vegetal de la mayoría de las plantas, y por otro lado evitaría el riesgo de toxicidad en suelos contaminados con metales pesados, ya que al aumentar el pH del mismo disminuye la disponibilidad de ellos por pasar a formas más insolubles. Sobre suelos neutros o alcalinos este barro no provocaría cambios apreciables de pH.

V. El nitrógeno en cantidades suficientes en este barro ($7,1255 \pm 0,0216$) es el macronutriente de mayor importancia en la nutrición vegetal, puede ser absorbido por la planta en forma amónica o nítrica, pero en mayor proporción como esta última; en consecuencia, las formas orgánicas tendrán que mineralizarse para ser asimiladas por la planta. En este barro, dada la baja relación C/N= 4,4, se darían las condiciones óptimas para que se produzca la mineralización [11].

VI. El % de P de este barro es de $0,9775 \pm 0,0055$, cantidad adecuada para que se produzca su mineralización, ya que se considera que el P orgánico presente se mineraliza pasando a formas inorgánicas cuando su concentración en el material supera al 0,3% y la relación C/P es inferior a 200 (en nuestro caso la relación C/P=31,8).

VII. El barro presenta una proporción adecuada de K total ($0,3620 \pm 0,0037$). Según Cabre [12], en los barros este se encontraría fundamentalmente como cloruro y por lo tanto en forma muy soluble y fácilmente disponible para la planta.

VIII. La utilización de barros como fuente de materia orgánica no está exenta de riesgos, derivados principalmente de su contenido en metales pesados que actúan como inhibidores del desarrollo vegetal [13, 14, 15]. El proceso de obtención de este tipo de barros no permite presumir que existan metales pesados en el mismo; sin embargo, se realizará este análisis en un trabajo posterior como etapa previa al diseño de experimentos que permitirá estudiar la evolución del mismo en el suelo.

IX. La mayor o menor incorporación de los metales a las plantas dependerá de distintos equilibrios químicos, los cuales a su vez dependen del pH del suelo. Cuanto más bajo sea este, mayor será la concentración de metales en solución y por consiguiente estarán más disponi-

bles para las plantas. La movilidad de los metales pesados está determinada decisivamente por el pH del suelo, a pH ácido aumenta la movilidad del aluminio, zinc, manganeso, cobre, hierro y cobalto y a pH básico del molibdeno y del selenio. En general, en los suelos con elevada capacidad de intercambio catiónico (ricos en materia orgánica y con altos contenidos de arcilla) se asegura una cierta inmovilización de los metales pesados por quedar estos retenidos por adsorción al complejo coloidal del suelo. El grado de peligrosidad de los metales pesados va ligado a dos propiedades principales, su toxicidad y su persistencia, sin olvidar la capacidad que tienen las plantas de absorber cualquier elemento. Si estas plantas no se consumen vuelven a restituir nuevamente esos elementos al suelo en formas relativamente asimilables; por lo tanto, se verificará en el curso de los años una acumulación continua de metales pesados con posibilidad de un creciente efecto nocivo. Si por el contrario, el destino de la cosecha es para la alimentación humana o animal, el riesgo podrá ser grave o por lo menos más inmediato. Se debe destacar que, a priori, los barros analizados en este trabajo son aptos para su utilización como fertilizante orgánico. Para confirmar esa posibilidad deben realizarse las siguientes etapas que forman parte de un proyecto global de investigación:

1. Análisis cuantitativo de oligoelementos para descartar contaminación por metales pesados. Hay que tener en cuenta que la presencia natural de los metales en el suelo es en cantidades traza como productos de la propia geoquímica de los materiales de los que proceden, siendo muchos de ellos elementos esenciales para la vegetación y la fauna. El riesgo potencial que su presencia provoca se produce cuando se acumulan en grandes cantidades en el suelo.

2. Diseño de experimentos para el trabajo en campo.

3. Utilización de un campo experimental donde se sembrará soja.

4. Análisis de suelos abonados con barros y análisis de testigos.

5. Análisis de plantas desarrolladas en suelos abonados con barros y análisis de testigos

AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocemos y agradecemos a la Srta. Ana Laura Pareja la invalorable colaboración en los análisis de laboratorio y recopilación de material bibliográfico. ●

REFERENCIAS

1. **Ross**, D. J. *Soil microbial biomass estimated by the fumigation-incubation procedure: seasonal fluctuations and influence of soil moisture content.* Soil Biol. Biochem. 19: p. 397-404. 1987.
2. **Power**, J.; **Dorán**, J.; **Wilhelm**, W. *Uptake of nitrogen from soil fertilizer, and crop residues by no-till corn and soil-bean.* Soil Sci. Soc. Amer. J. 50: p. 137-142. 1995.
3. **Domingues Vivancos**. *Tratado de Fertilización.* Mundi Prensa, Madrid. 1997.
4. **Alexander**, M. *Introduction to soil microbiology.* John Wiley & Sons, New York. 1980.
5. **Conover**, W. J. *Practical Nonparametric Statistics.* John Wiley & Sons, New York. 1980.
6. **Sidney**, S. *Estadística no Paramétrica Aplicada a las Ciencias de la Conducta.* Trillas, México. 1983.
7. **Ferrán Aranaz**, M. *SPSS para Window. Análisis Estadístico.* McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A.U. Madrid. 2001.
8. **Walpole**, R. E.; **Myers**, R. H.; **Myers**, S. L. *Probabilidad y Estadística para Ingenieros.* 6^{ta} ed. Prentice Hall, México. 1999.
9. **Bengtson**, G. W.; **Cornette**, J. J. *Disposal of composted municipal waste in a plantation of young slash pine: Effects on soil and trees.* J. Environ. Qual., 2: p. 441-444. 1973.
10. **Banse**, H. J. *Beeinflussung der physikalischen bodeneigenschaften durchkompostgaben.* Internationale Arbeitsgemeinschaft für Müllforschung Informatiosblatt. 13: p. 30-34. 1961.
11. **Miller**, R. H. *Factors affecting the decomposition of an anaerobically digested sewage sludge in soil.* J. Environ. Qual. 3: p. 376-380. 1974.
12. **Cabre**, J.; **Arraez**, J.; **Aragoneses**, R. *Eliminación de lodos de aguas residuales. La E.D.A.R. de Reus: Un ejemplo de aprovechamiento mediante compostaje.* Química e Industria. 36: p. 537-541. 1990.
13. **Robles**, J.; **Nogales**, R.; **Esteban**, E.; **Gallardo-Lara**, F. *Poder fertilizante de un compost de basura urbana III. Efecto directo y residual sobre la asimilabilidad de Mn.* I Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Argentina. 1984.
14. **Khaleel**, R.; **Reddy**, K. R.; **Overcash**, M. R. *Change in soil physical due to the organic waste applications.* J. Environ. Qual. 10: p. 133-141. 1981.
15. **Guiddi**, G.; **Levi-Minzi**, R.; **Riffaldi**, R.; **Giachetti**, M. *Field - Trials in Italy evaluate compost and fertilizers.* Bio-cycle. 24: p. 44-46. 1983.