

Obtención y caracterización de un bioplástico a partir de garbanzo (*cicer arietinum*)

Obtaining and characterizing a bioplastic from chickpea (cicer arietinum)

- ¹ Jonathan Alexander Barrera Pilataxi
polojonasalexander_10@outlook.com  <https://orcid.org/0000-0001-5656-6693>
- ² Luis Santiago Carrera Almendáriz
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador
luissantiago.carrera@esPOCH.edu.ec  <https://orcid.org/0000-0002-3262-5895>
- ³ Ana Gabriela Flores-Huilcapi
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Orellana, Ecuador
ana.flores@esPOCH.edu.ec  <https://orcid.org/0000-0001-8748-7859>
- ⁴ Adrián Alejandro Rodríguez Pinos
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador
adrian.rodriguez@esPOCH.edu.ec  <https://orcid.org/0000-0002-7157-1877>



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 09/11/2021

Revisado: 24/11/2021

Aceptado: 21/12/2021

Publicado: 05/01/2022

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i1.1964>

Cítese:

Barrera Pilataxi, J. A., Carrera Almendáriz, L. S., Flores Huilcapi, A. G., & Rodríguez Pinos, A. A. (2022). Obtención y caracterización de un bioplástico a partir de garbanzo (*cicer arietinum*). *Conciencia Digital*, 5(1), 57-69.
<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i1.1964>



Ciencia
Digital
Editorial

CONCIENCIA DIGITAL, es una Revista Multidisciplinar, **Trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons AttributionNonCommercialNoDerivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras

claves: almidón,
amilosa,
amilopectina,
bioplástico,
garbanzo.

Keywords:

starch, amylose,
amylopectin,
bioplastic,
chickpea

Resumen

Introducción: El plástico (polietileno) es un aliado importante en la cotidianidad del ser humano, sin embargo, su uso y excesiva acumulación ha generado una grave problemática ambiental. **Objetivo:** Esta investigación busca desarrollar un material biodegradable a partir del del almidón de garbanzo con características similares al plástico y que potencialmente se pueda usar como recubrimiento para alimentos. **Metodología:** Se realizó una revisión bibliográfica para determinar el método de extracción del almidón de garbanzo, seleccionando el método de vía húmeda. Se realiza un diseño experimental 22 de dos factores que son peso de almidón (g) y volumen de agua destilada (mL) y a cada tratamiento se adiciona 1,5 mL de glicerina (plastificante) y 4 mL de ácido acético (modificador químico). Se ensayan las propiedades mecánicas de los bioplásticos bajo la Norma NTE INEN 2635:2012 Métodos de ensayo para las propiedades de tracción de láminas delgadas y su biodegradabilidad bajo la Norma Técnica INEN 2643:2012. Especificaciones para plásticos compostables. **Resultados:** Se caracterizó el almidón mediante pruebas fisicoquímicas: resultando 19% de amilosa, 81% de amilopectina, 4,53 de pH, 39249 mPas de viscosidad, 60°C de temperatura de gelatinización y 4,82 de índice de solubilidad. La formulación del bioplástico con mejores propiedades mecánicas está constituida por: 3,5 % (1,5 mL) de glicerina, 9,5 % (4 mL) de ácido acético, 3,5 % (1,5 g) de almidón de garbanzo y 83,5 % (35 mL) de agua destilada. El biopolímero seleccionado presenta alta biodegradabilidad acuosa y características físicas: 4,9 Mpa de módulo de elasticidad, 24,2 % de elongación, 2,8 N de carga máxima, 1 Mpa de esfuerzo máximo. **Conclusión:** El bioplástico obtenido a partir del almidón de garbanzo presenta propiedades mecánicas comparables con las láminas de polietileno de baja densidad y propiedades biodegradables que permiten usarlo en envoltura para alimentos.

Abstract

Introduction: Plastic (polyethylene) is an important ally in the daily life of human beings; however, its use and excessive accumulation has generated a serious environmental problem. **Objective:** This research seeks to develop a biodegradable material based on chickpea starch with characteristics like plastic that can

potentially be used as a coating for food. **Methodology:** A literature review was carried out to determine the extraction method of chickpea starch, selecting the wet method. A two-factor experimental design with two factors, starch weight (g) and volume of distilled water (mL), was carried out and 1.5 mL of glycerin (plasticizer) and 4 mL of acetic acid (chemical modifier) were added to each treatment. The mechanical properties of bioplastics are tested under NTE INEN 2635:2012 Test methods for tensile properties of thin films and their biodegradability under Technical Standard INEN 2643:2012. Specifications for compostable plastics. **Results:** The starch was characterized by physicochemical tests: 19% amylose, 81% amylopectin, 4.53 pH, 39249 mPas viscosity, 60°C gelatinization temperature and 4.82 solubility index. The bioplastic formulation with better mechanical properties is constituted by: 3.5 % (1.5 mL) glycerin, 9.5 % (4 mL) acetic acid, 3.5 % (1.5 g) chickpea starch and 83.5 % (35 mL) distilled water. The selected biopolymer presents high aqueous biodegradability and physical characteristics: 4.9 Mpa modulus of elasticity, 24.2 % elongation, 2.8 N maximum load, 1 Mpa maximum stress. **Conclusion:** The bioplastic obtained from chickpea starch presents mechanical properties comparable to low density polyethylene films and biodegradable properties that allow its use in food wrapping.

Introducción

El mundo hoy en día enfrenta graves problemas por el consumo y producción excesivo de plásticos de origen petroquímico, tal es el caso de Ecuador que según datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2018) los ecuatorianos produjeron 12.739,01 toneladas de basura diarias, de este total de basura el 11,43% era plástico, es decir se produjeron 531.461 toneladas anuales de este material (López et al., 2014; Xu & Yang, 2012; Tian & Bilal, 2019).

En los últimos años las investigaciones se han centrado en buscar alternativas viables para la suplantación del plástico común, en esta búsqueda los recursos renovables han sido la mejor opción para la extracción del almidón como componente principal para la formulación del bioplástico (Sawpan et al., 2009; Alexandre et al., 2016). Por ello se ha evaluado diferentes productos en la mayoría tubérculos como la papa, camote y yuca, estos productos juegan un papel importante en la contribución global de nutrición y

energía a las personas en los países en desarrollo (Adilah et al., 2018; Herrera et al., 2014; Fonseca-García et al., 2021). Los bioplásticos han estado en el foco de los esfuerzos de investigación y desarrollo académicos e industriales durante más de dos décadas. Su producción mundial alcanzó los 4 millones de toneladas métricas en 2015 y sigue aumentando considerablemente (Xu & Yang, 2012; Romero & Zhang, 2019). El sólido crecimiento de este campo emergente de la industria está impulsado por múltiples factores, incluida la conciencia ambiental y las preferencias cambiantes de los consumidores, nuevas políticas y legislación, así como el desarrollo de producto (Imre et al., 2019; Hu, 2014; Jōgi & Bhat, 2020; Li et al., 2020). Los bioplásticos, por definición, son biodegradables y / o se obtienen de fuentes renovables ofreciendo una alternativa sostenible a los plásticos convencionales. Se valora que la capacidad de producción de bioplásticos tenderá a aumentar hasta 2,4 millones de toneladas para 2023. Los principales impulsores de este crecimiento son los biopolímeros innovadores como PHA (polihidroxicanoatos) y PLA (ácido poliláctico) (Astuti & Erprihana, 2014; Park et al., 2020; Hu, 2014; Tian & Bilal, 2019).

Metodología

Esta investigación es de tipo experimental. Se seleccionó un método de obtención de almidón de garbanzo por vía húmeda (Alexandre et al., 2016). Se caracterizó el almidón obtenido para determinar porcentaje de amilosa y amilopectina (Li et al., 2020). Se desarrolló un diseño experimental para formular el bioplástico. Con base a las distintas formulaciones se evaluó su biodegradabilidad y sus propiedades mecánicas.

Tabla 1

Diseño para la obtención de almidón para 100 g de garbanzo y 300 mL de agua destilada

TRATAMIENTOS	Repeticiones	Tiempo de trituración (s)
T1	R1	15
	R2	15
	R3	15
	R4	15
	R5	15
	R6	15
T2	R1	30
	R2	30
	R3	30
	R4	30
	R5	30
	R6	30

Tabla 1

Diseño para la obtención de almidón para 100 g de garbanzo y 300 mL de agua destilada (continuación)

TRATAMIENTOS	Repeticiones	Tiempo de trituración (s)
T3	R1	45
	R2	45
	R3	45
	R4	45
	R5	45
	R6	45
T4	R1	60
	R2	60
	R3	60
	R4	60
	R5	60
	R6	60

Fuente: Elaboración propia

Se planteó un diseño de experimentos para la obtención de almidón por vía húmeda con 6 repeticiones por cada tratamiento, donde el factor variable es el tiempo de trituración, manteniendo constante la cantidad de garbanzo (g) y volumen de agua destilada (mL), según tabla 1.

Para la formulación se utiliza plastificantes como: glicerina y ácido acético en una proporción fija de 1,5 mL/4 mL. Se prueba variando la proporción de almidón y agua destilada como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Formulación para la obtención del bioplástico de garbanzo

FORMULACIÓN	ALMIDÓN (g)	AGUA DESTILADA
		(mL)
A1	1,5	30
A2	1,5	35
A3	2	30
A4	2	35

Fuente: Elaboración propia

Se evaluó las propiedades mecánicas del bioplástico obtenido y el porcentaje de humedad, elongación y flexibilidad de los bioplásticos desarrollados.

Resultados

La extracción del almidón por vía húmeda se lo realiza en cuatro tratamientos y se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 3

Pesos de almidón obtenido

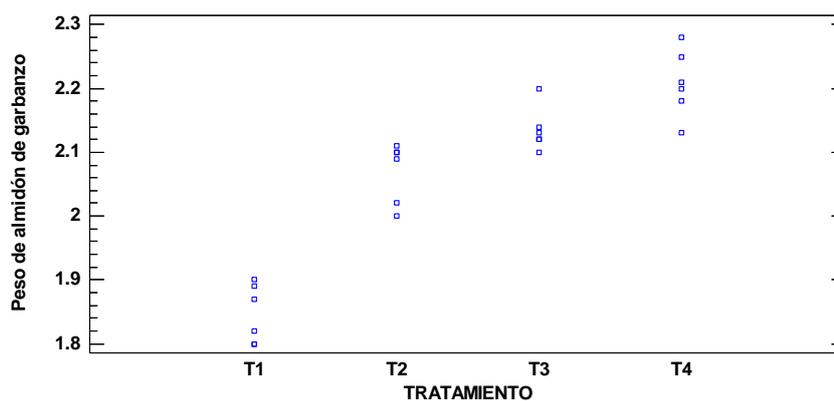
TRATAMIENTO	Recuento	Promedio	Desviación Estándar
T1	6	1,85	0,0457
T2	6	2,07	0,0474
T3	6	2,16	0,0345
T4	6	2,21	0,0527
Total	24	2,07	0,1445

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3 muestra diferentes estadísticos de peso de almidón para cada uno de los 4 niveles de tratamiento. Según el análisis de ANOVA no existe una diferencia significativa entre tratamientos y el tratamiento 4 presenta mejor tratamiento según la figura 1.

Figura 1

Dispersión por nivel de cada tratamiento de obtención de almidón



Fuente: Elaboración propia

Se caracteriza el porcentaje de amilosa y amilopectina que posee el almidón de garbanzo.

Tabla 4
Composición del almidón de garbanzo

Análisis	Método	Método referencial	Valor (%)
Amilosa	MO-LSAIA-04	U. FLORIDA 1970	19,00
Amilopectina	MO-LSAIA-04	U. FLORIDA 1970	81,0

Fuente: Elaboración propia

Los almidones con alto contenido de amilopectina promueven la gelificación y la formación del biofilm. Este polisacárido con un entrecruzamiento molecular elevado facilita la polimerización y su composición está alrededor de 81 % según tabla 4.

Tabla 5
Análisis del almidón

Ensayos	Método de análisis	Unidades	Valor
pH	AOAC 954.01	-	4,531
Humedad	AOAC 962.09	%	5,84
Densidad aparente	SMITH	g/mL	0,473
Viscosidad	ISI 17-1, 2002	mPas	39249
Temperatura de gelatinización	INEN 1456	°C	60
Ceniza	AOAC 942.05	%	0,6095
Proteína	AOAC 954-01	%	0,6095
Mohos y levaduras	Siembra en masa	UFC/100mL	Ausencia
Fibra	Gravimétrico	%	0,132
Coliformes totales	Siembra en masa	UFC/100mL	<30
Coliformes fecales	Siembra en masa	UFC/100mL	Ausencia
Solubilidad	Anderson	%	4,8166

Fuente: Elaboración propia

La caracterización del almidón de garbanzo según tabla 5 demuestra que sus características físicas y microbiológicas son aptas para su trabajabilidad. La temperatura de gelatinización para su preparación será de 60 C según resultados.

Los bioplásticos de obtenidos se someten a pruebas de solubilidad:

Tabla 6

Porcentaje de solubilidad del bioplástico

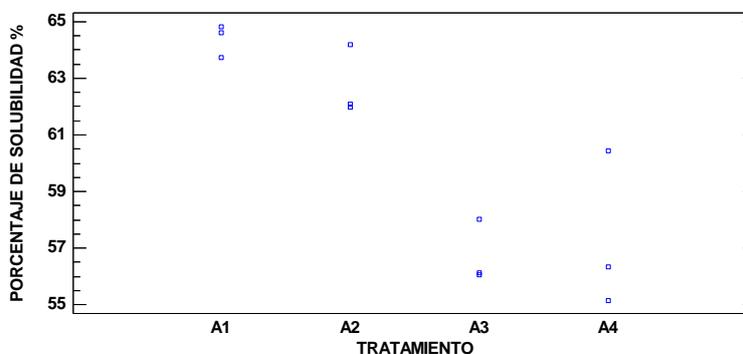
TRATAMIENTOS	REPETICIONES	PORCENTAJE DE SOLUBILIDAD %
A1	R1	63,72
	R2	64,61
	R3	64,84
A2	R1	62,10
	R2	64,20
	R3	61,99
A3	R1	56,06
	R2	58,02
	R3	56,13
A4	R1	60,44
	R2	55,16
	R3	56,34

Fuente: Elaboración propia

La tabla 6 muestra diferentes estadísticos de porcentaje de solubilidad % para cada uno de los 4 niveles de tratamiento.

Figura 2

Dispersión por nivel de cada tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Según ANOVA no existe una diferencia significativa entre tratamientos. La prueba A4 presenta menor solubilidad como se aprecia en figura 2.

Las cuatro formulaciones se ensayan para determinar las propiedades mecánicas del bioplástico según la tabla 7.

Tabla 7

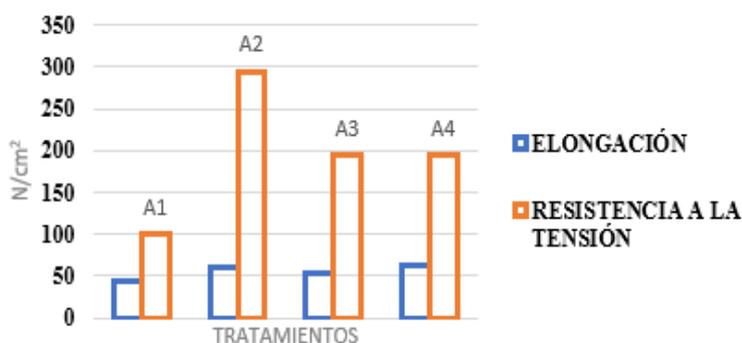
Propiedades mecánicas del bioplástico

TRATAMIENTO	FUERZA(N)	RESISTENCIA A LA TENCIÓN (N/ cm ²)	% Elongación
A1	2,0	100	43,33
A2	5,9	295	60,00
A3	3,9	195	53,33
A4	3,9	195	63,33

Fuente: Elaboración propia

Figura 3

Propiedades mecánicas del bioplástico



Fuente: Elaboración propia

Según la figura 3, el tratamiento A2 es el que mejor propiedad mecánica tiene en comparación a las otras muestras de bioplásticos.

Las pruebas de biodegradabilidad se las realiza en condiciones ambientales, en tierra y agua por 30 días.

Tabla 8

Biodegradabilidad en condiciones ambientales durante 30 días (%)

TRATAMIENTO	Condiciones ambientales	Tierra	Agua
A1		9,94	61,96
		10,10	97,97
		12,33	57,14
		9,90	49,02

Tabla 8

Biodegradabilidad en condiciones ambientales durante 30 días (%) (continuación)

TRATAMIENTO	Condiciones ambientales	Tierra	Agua
A2	5,53	45,36	57,37
	10,09	56,12	93,33
	10,99	23,62	53,77
	10,42	74,74	97,97
	5,00	40,87	52,55
A3	11,70	52,94	88,06
	12,62	46,11	44,83
	5,47	40,20	41,01
	8,05	43,05	54,49
A4	9,80	53,33	69,86
	16,34	43,75	45,34
	6,41	48,34	91,89

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la biodegradabilidad el tratamiento A4 es el que mayormente se degradó en condiciones ambientales con una media de 10,15% en comparación a los otros tratamientos. Mientras que en tierra el tratamiento A2 se degradó en mayor proporción durante 30 días con una media en porcentaje de biodegradabilidad de 49,9581%. Sin embargo, en un medio con agua es donde se degradó mayormente cada uno de los tratamientos analizados A1, A2, A3, A4 donde el A2 es el que se degradó en mayor proporción con una media en porcentaje de biodegradabilidad de 75,61% con una desviación estándar de 23,27 según tabla 8.

Conclusiones

- El tratamiento T4 para la obtención de almidón por vía húmeda obtuvo un rendimiento de 2,21 % y una desviación estándar de 0,053 del grupo de datos con una técnica de trituración de 60 min.
- La caracterización fisicoquímica del almidón de garbanzo demuestra un 81% de contenido de amilopectina, una temperatura de gelatinización de 60 °C y una solubilidad de 4,81%.
- Las formulaciones ensayadas para la obtención del bioplástico muestran después de un análisis estadístico global en cada una de sus pruebas realizadas al bioplástico que el tratamiento A2 es la que mejor resultó, su formulación fue de 1,5 mL de glicerina, 4 mL de ácido acético, 1,5 g de almidón de garbanzo y 35 mL de agua destilada.

- El biopolímero obtenido presenta propiedades de biodegradabilidad durante 30 días en condiciones ambientales normales, tierra y agua. Sin embargo, en condiciones acuosas presentan una biodegradabilidad mayor al 50%.
- Las propiedades mecánicas de tratamiento A2 presentan resultados que cumplen con la Norma NTE INEN 2635:2012 Métodos de ensayo para las propiedades de tracción de láminas delgadas. Estos resultados son comparables con las láminas delgadas de polietileno de baja densidad que permitirían usarse en envoltura para alimentos.

Referencias Bibliográficas

- Adilah, A. N., Jamilah, B., Noranizan, M. A., & Hanani, Z. A. N. (2018). Utilization of mango peel extracts on the biodegradable films for active packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 16(May 2017), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.01.006>
- Alexandre, E. M. C., Lourenço, R. V., Bittante, A. M. Q. B., Morales, I. C. F., & Sobral, P. J. do A. (2016). Gelatin-based films reinforced with montmorillonite and activated with nano emulsion of ginger essential oil for food packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 10, 87–96. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.10.004>
- Astuti, P., & Erprihana, A. A. (2014). *Antimicrobial Edible Film from Banana Peels as Food Packaging Abstract: 2(2)*, 65–70.
- Fonseca-García, A., Jiménez-Regalado, E. J., & Aguirre-Loredo, R. Y. (2021). Preparation of a novel biodegradable packaging film based on corn starch-chitosan and poloxamers. *Carbohydrate Polymers*, 251(August 2020). <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117009>
- Herrera, T., Delgado, A., Ramírez, P., Licea de Anda, E., Moreno, M., & Machuca, C. (2014). ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN PROXIMAL DE VARIEDADES DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) COSTA 2004 Y BLANORO. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México*, 2(2), 9–15.
- Hu, B. (2014). Biopolymer-based lightweight materials for packaging applications. *ACS Symposium Series*, 1175, 239–255. <https://doi.org/10.1021/bk-2014-1175.ch013>
- Imre, B., García, L., Puglia, D., & Vilaplana, F. (2019). Reactive compatibilization of plant polysaccharides and biobased polymers: Review on current strategies, expectations, and reality. *Carbohydrate Polymers*, 2(2), 285–309. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.12.082>

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2018). *Metodología de Gestión de Residuos Sólidos*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2018/Residuos_solidos_2018
- Jögi, K., & Bhat, R. (2020). Valorization of food processing wastes and by-products for bioplastic production. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100326>
- Li, C., Hu, Y., Huang, T., Gong, B., & Yu, W. W. (2020). A combined action of amylose and amylopectin fine molecular structures in determining the starch pasting and retrogradation property. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 2717–2725. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.08.123>
- López, R., Vaca, M., Terres, H., Lizardi, A., Morales, J., Flores, J., ... Chávez, S. (2014). Kinetics modeling of the drying of chickpea (*Cicer arietinum*) with solar energy. *Energy Procedia*, 57, 1447–1454. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.136>
- Park, M., Choi, I., Lee, S., Hong, S. Ju, Kim, A., Shin, J., ... Kim, Y. W. (2020). Renewable malic acid-based plasticizers for both PVC and PLA polymers. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 88, 148–158. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2020.04.007>
- Romero, H. M., & Zhang, Y. (2019). Physicochemical properties and rheological behavior of flours and starches from four bean varieties for gluten-free pasta formulation. *Journal of Agriculture and Food Research*, 1(149), 100001. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2019.100001>
- Sawpan, M. A., Pickering, K. L., & Fernyhough, A. (2009). Characterization of hemp fiber reinforced Poly (Lactic Acid) composites. *International Journal of Materials and Product Technology*, 36(1/2/3/4), 229. <https://doi.org/10.1504/ijmpt.2009.027834>
- Tian, K., & Bilal, M. (2019). Research progress of biodegradable materials in reducing environmental pollution. In *Abatement of Environmental Pollutants: Trends and Strategies*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818095-2.00015-1>
- Xu, H., & Yang, Y. (2012). Bioplastics from waste materials and low-value byproducts. *ACS Symposium Series*, 1114, 113–140. <https://doi.org/10.1021/bk-2012-1114.ch008>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Indexaciones

