
OBTENCIÓN DE EXTRUIDOS DEL ALMIDÓN DE LA PLANTA DE CAMACHO (*Alocasia macrorrhiza*).

OBTAINING EXTRUDED STARCH FROM THE CAMACHO PLANT CAMACHO (*Alocasia macrorrhiza*).

OBTENÇÃO DE AMIDO EXTRUDIDO DA PLANTA DE CAMACHO CAMACHO (*Alocasia macrorrhiza*).

Resumen

El objetivo de la presente investigación, fue obtener un alimento extruido, utilizando como materia prima almidón de la planta de camacho (*Alocasia macrorrhiza*), con la finalidad de dar un valor agregado a una planta muy conocida, pero con poco valor comercial. Para la obtención de los extruidos se realizaron mezclas de almidón de camacho y almidón de maíz comercial, utilizando el método de extrusión en caliente, para obtener un producto con menor porcentaje de humedad y alargar su vida útil. En la investigación se trabajó con un diseño de experimentos mixtos con dos factores (formulación, diámetro del extrusor), el primero con 3 niveles y el segundo con 2 niveles. El almidón se caracterizó bromatológicamente y se cuantificó el porcentaje de oxalato de calcio presente. Al producto final se le determinó la firmeza, humedad e índice de expansión. Los datos recolectados permitieron determinar que todos los tratamientos evaluados cumplían con el límite de humedad establecido por la norma INEN 2561, obteniendo en un diámetro de salida de 3mm, menor firmeza y un mayor índice de expansión

Ing. Miguel Arias Jara, MSc

marias0575@utm.edu.ec

Universidad Técnica de Manabí,
Programa de Posgrado de
Ingeniería Química

Orcid: [0000-0002-8212-3228](https://orcid.org/0000-0002-8212-3228)

Ing. María Antonieta Riera, MSc

maria.riera@utm.edu.ec

Universidad Técnica de Manabí,
Programa de Posgrado de
Ingeniería Química

Orcid: [0000-0002-7195-2821](https://orcid.org/0000-0002-7195-2821)

REVISTA TSE'DE

Instituto Superior Tecnológico
Tsa'chila

ISSN: 2600-5557

Palabras claves: Almidón de Camacho, Extruido, expansión, valor agregado

Periodicidad Semestral

Vol. 6, núm. 2

revistatsede@tsachila.edu.ec

Recepción: 23 de enero - 2023

Aprobación: 26 de mayo - 2023

Publicación: 30 de junio - 2023

URL:

<http://tsachila.edu.ec/ojs/index.php/TSEDE/issue/archiv e>

Revista Tse'de, Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.



Abstract

The objective of this research was to obtain an extruded food, using starch from the camacho plant (*Alocacia macrorrhiza*) as raw material, in order to add value to a well-known plant, but with little commercial value. To obtain the extrudates, mixtures of Camacho starch and commercial corn starch were made, using the hot extrusion method, to obtain a product with a lower percentage of moisture and extend its useful life. In the investigation, we worked with a design of mixed experiments with two factors (formulation, extruder diameter), the first with 3 levels and the second with 2 levels. The starch was bromatologically characterized and the percentage of calcium oxalate present was quantified. The final product was determined for firmness, humidity and expansion index. The collected data made it possible to determine that all the evaluated treatments complied with the humidity limit established by the INEN 2561 standard, obtaining a 3mm outlet diameter, less firmness and a higher expansion rate.

Keywords: Camacho starch, extruded, expansion, added value

Resumo

O objetivo desta pesquisa foi obter um alimento extrusado, utilizando como matéria-prima o amido da planta camacho (*Alocacia macrorrhiza*), a fim de agregar valor a uma planta bastante conhecida, mas com pouco valor comercial. Para obtenção dos extrusados foram feitas misturas de amido de camacho e amido de milho comercial, pelo método de extrusão a quente, para obter um produto com menor percentual de umidade e prolongar sua vida útil. Na investigação, trabalhamos com um delineamento de experimentos mistos com dois fatores (formulação, diâmetro da extrusora), o primeiro com 3 níveis e o segundo com 2 níveis. O amido foi caracterizado bromatologicamente e quantificado o percentual de oxalato de cálcio presente. O produto final foi determinado quanto à firmeza, umidade e índice de expansão. Os dados recolhidos permitiram determinar que todos os tratamentos avaliados cumpriram o limite de umidade estabelecido pela norma INEN 2561, obtendo um diâmetro de saída de 3mm, menor firmeza e maior taxa de expansão.

Palavras-chave: Amido Camacho, extrusado, expansão, valor agregado

Introducción

La planta de camacho de nombre científico *Alocasia macrorrhiza*, tiene características especiales para ser utilizada en alimentación de aves y otras especies animales, porque durante todo su ciclo de vida (3 años) puede llegar a producir hojas que contienen hasta un 25% de proteína, 10% de grasa y altas concentraciones de vitamina A, C y minerales **(Carreño et al., 2022)**. Simultáneamente, durante este tiempo se desarrolla su tallo aéreo, que puede llegar a alcanzar hasta 5 m y 25 kg de peso, acumulando carbohidratos en forma de almidón en el tallo y en las raíces **(O'Hair & Maynard, 2021)**. Pese a que el camacho es una planta que crece en gran cantidad en regiones húmedas del Ecuador, no tiene ninguna utilidad, incluso es considerada una hierba mala (Jara, 2019). Por tal motivo, y hasta la literatura consultada no se reporta el desarrollo de procesos que permitan aprovechar las propiedades nutritivas y tecnofuncionales que esta planta puede llegar a ofrecer como ingredientes en la industria agroalimentaria **(Sarmiento et al., 2020)**. Debido a esta percepción de la población hacia la planta de camacho, es necesario brindar opciones de uso, aplicadas a la producción de alimentos y de esta manera dar un enfoque diferente a una especie vegetal que no tiene ningún uso industrial **(Don & Sweet, 2020)**.

En la actualidad la tecnología aplicada en el área de alimentos, ha evolucionado, dando lugar a diferentes metodologías y procesamientos que hacen posible el desarrollo de nuevos productos agradables a la vista y al tacto de los consumidores **(Ramírez Ruiz et al., 2013)**. Esto ha impulsado considerablemente a la industria alimentaria, a buscar ingredientes y procesos que permitan mejorar y desarrollar esos nuevos productos, siendo la extrusión de alimentos una de las técnicas actualmente más utilizada en el ámbito industrial **(Salvador et al., 2022)**.

El proceso de extrusión se aplica ampliamente en la elaboración de alimentos, por ejemplo: alimentos precocidos como la avena, cereales instantáneos para el desayuno, botanas, hojuelas, proteínas vegetales texturizadas, sustitutos de carne, harinas compuestas y enriquecidas, productos de panificación, almidones modificados y gelatinizados, productos de confitería, pastas para sopas, espaguetis y macarrones, alimentos para animales (balanceado) y varios aditivos de uso industrial **(Pérez et al., 2017)**. La extrusión es un proceso donde se moldea un material maleable mediante la aplicación de presión y aumento de temperatura, mientras se fuerza su paso a través de un tornillo sin fin **(Saint et al., 2019)**.

El almidón que se obtiene de cereales, granos, tubérculos y leguminosas, generalmente en forma de harinas, constituyen los principales ingredientes para llevar a cabo este proceso, y se utilizan para dar olor, color o sabor al producto final **(Calvo, 2015)**. A través de esta técnica se obtienen alimentos con características sensoriales muy valoradas.

Existen dos maneras de realizar el proceso de extrusión; puede ser en frío, aplicando solo presión para productos como pastas, salchichas, etc. y en caliente, aplicando temperatura y presión para la elaboración de cereales, modificación de harinas, snacks, botanas, etc. **(Delgado et al., 2020)**.

En esta investigación se empleó el método de extrusión en caliente, mismo que permitió obtener extruidos texturizados a partir del almidón de camacho, garantizando así un producto seguro, con bajo contenido de humedad y grasa, y con excelentes características fisicoquímicas que le permite reducir el crecimiento microbiano en el alimento, y sobre todo darle uso a una planta que no ha tiene ningún valor económico.

Materiales y Métodos

La metodología implementada para la obtención de extruidos del almidón de la planta de camacho se dividió en seis etapas: Extracción del almidón de la planta de camacho, cuantificación del oxalato de calcio presente en el almidón, obtención de extruidos, caracterización del almidón obtenido, caracterización del producto final y análisis estadístico.

1 Extracción del almidón de la planta de camacho

La extracción del almidón se realizó siguiendo la metodología propuesta por **Caicedo et al. (2017)**. Se inició colocando en remojo la planta, con el propósito de eliminar cualquier material no deseado. Luego se cepilló, eliminando cualquier suciedad presente en las grietas de la raíz o el tubérculo. Seguidamente, se sometió a un proceso de secado en un secador de bandejas, para posteriormente pelar manualmente y rallar. El producto resultante se mezcló con agua a 38 °C, se colocó en remojo y se filtró, utilizando una tela filtrante de algodón.

La suspensión obtenida se dejó en reposo por 14 horas. Se eliminó el líquido que contenía principalmente mucílagos, dejando solo el almidón en la parte inferior del contenedor. Para eliminar cualquier rastro de mucílago o proteínas, se agregó agua a la suspensión a una temperatura de 38 °C y se agitó. Después, se dejó que la suspensión decantara y se realizó la última separación. El almidón se dispuso en bandejas y se colocó en una estufa a 35 °C durante aproximadamente 24 horas hasta alcanzar una humedad del 12 %. El almidón seco se separó utilizando tamices de 60, 80, 100 y 120 μm . Finalmente, se guardó en bolsas de polietileno y se almacenó en una cámara de refrigeración hasta ser utilizado (Figura 1).

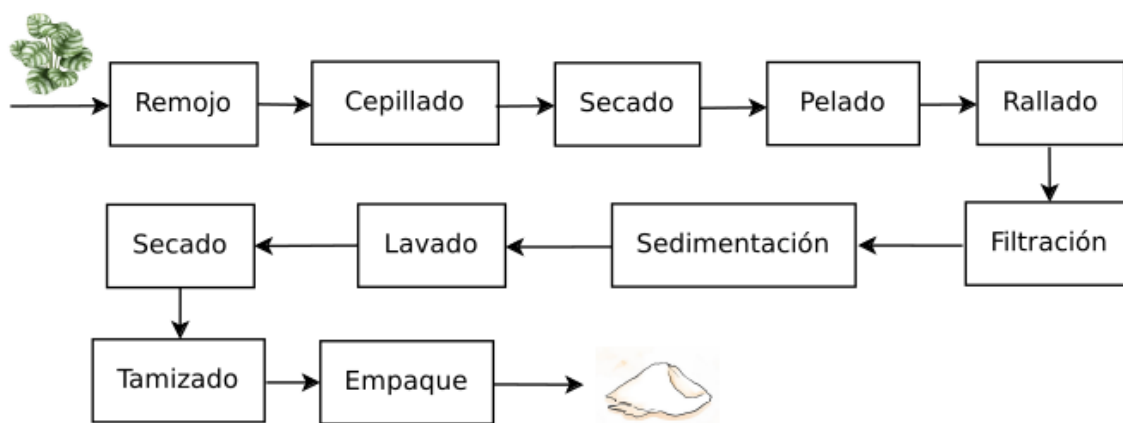


Figura 1. Etapas del proceso de extracción de almidón

2 Cuantificación del oxalato en el almidón de la planta de camacho

Según **Jara (2019)**, se sugiere la utilización del método Abaza adaptado para determinar el porcentaje de oxalato de calcio presente en la planta de camacho. Se tomó 5 g de materia seca en una cápsula y se llevó a una mufla hasta llegar a una temperatura de 350 °C. Luego de obtener la ceniza libre de carbón, se mantuvo la cápsula 2 horas en la mufla. A la ceniza obtenida se agrega de 5 a 7,5 ml de H₂SO₄ al tercio a la cápsula. El sobrante se lavó con agua destilada caliente la cápsula y el filtro, ayudándose de una baqueta. Se agregó 10 ml más de H₂SO₄ al tercio y 25 ml de agua destilada caliente y se tituló en caliente con permanganato de potasio 0.1 N hasta que se evidencie un cambio de coloración rosada, debiendo persistir el color por 30 segundos. El % de oxalato de calcio se obtuvo usando la Ec. 1.

$$\%Oxalatodecalcio = \frac{1L * N \left(\frac{Eq}{L} \right) * PE \left(\frac{g}{Eq} \right)}{\frac{1000ml}{mg}} \quad (\text{Ec. 1})$$

3 Obtención de extruidos

Para la obtención de los extruidos se utilizó un extrusor de alimentos de tornillo simple, equipado con un tornillo de 17 cm con salidas de 3 y 5 mm de diámetro, la alimentación se realizó de manera constante. Los productos obtenidos se almacenaron a condiciones de temperatura ambiente de 22 °C guardándose en bolsas de polietileno.

4 Caracterización del producto final

Al material extruido se le determinó el índice de expansión, la humedad, la firmeza. El producto final se caracterizó en términos de proteínas, lípidos, carbohidratos, cenizas y humedad y fibra.

Para el índice de expansión (IE), se recolectaron muestras de 5 cm de largo. El peso de cada muestra se midió utilizando un calibrador electrónico modelo Starrett. Los resultados se obtuvieron a partir de los diámetros de salida de 3 y 5 mm. La firmeza (F) se determinó con un texturometro de laboratorio (FHT-1122). La humedad se midió en una termobalanza marca VELAB modelo VE 50-01. Los contenidos de humedad, cenizas, proteínas, fibra dietética, lípidos y carbohidratos, se calcularon según la metodología AOAC,1943 humedad en termobalanza, INEN 5984 para cenizas, INEN 5983-1 para proteínas, INEN 6492 para grasas, INEN 522 para fibra dietética y AOAC 2020.07 para carbohidratos.

5 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con dos factores (A: Formulaciones, B: Diámetro de boquilla) y tres repeticiones como se describe en la tabla 1. Las variables de respuesta que se analizaron fueron firmeza (F), índice de expansión (IE), y humedad. Cuando existió significancia en los datos ($p \leq 0,05$) se procedió a

realizar comparaciones múltiples aplicando la prueba de tukey ($\sigma = 0,05$). Para este análisis se utilizó el paquete estadístico MINITAB versión 17.1.

Tabla 1: Diseño completamente al azar aplicado

Formulación	Diámetro boquilla (mm)
50/50	3
60/40	
40/60	
50/50	5
60/40	
40/60	

Nota: Elaboración propia

Resultados y Discusión

El contenido promedio de oxalato de calcio en el almidón de la *Alocasia macrorrhiza* es de 85,94 mg/100g, $\pm 1,68$. Esto sugiere que hay una pequeña variabilidad en los datos y que la mayoría de las concentraciones de oxalato de calcio están dentro de un rango cercano al valor promedio que, al compararlo con Arias, (2019) se contrasta los resultados obtenidos. Además, los datos indican que su nivel de oxalato se encuentra dentro de un rango aceptable, lo que sugiere que este almidón puede ser utilizado de forma segura y efectiva en la industria alimentaria.

A partir de las mezclas de almidón de camacho y almidón de maíz comercial se obtuvieron distintas formulaciones de extruidos, cuyas características se presentan en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2: Análisis proximal de las extruidos obtenidos de diferentes formulaciones.

	Formulaciones		
	50/50	60/40	40/60
Humedad (%)	3,47	4,10	3,34
Proteína (%)	4,45	4,37	4,21
Lípidos (%)	3,49	3,27	3,39
Carbohidratos (%)	76,81	79,07	76,98
Fibra	7,39	8,23	7,19
Cenizas	4,34	4,23	4,89

Nota: Relación de almidón de camacho/maíz

Tabla 3. Características del material extruido

Formulación	Diámetro			
	boquilla	\bar{F}	\overline{IE}	\bar{H}
	(mm)	N	%	%
50/50	3,0±00	11,2±0.1	5,23± 0.1	4.02 ± 0.04
60/40	3,0±00	12,4±0.1	3,23± 0.02	3.97 ± 0.01
40/60	3,0±00	9,3±0.1	6,67± 0.04	3.84 ± 0.02
50/50	5,0±00	10,3±0.1	7,67± 0.03	4.1 ± 0.05
60/40	5,0±00	11,5±0.1	4,71± 0.15	4.31 ± 0.02
40/60	5,0±00	8,7±0.1	8,78± 0.09	4.3 ± 0.1

Nota: Nota: Relación de almidón de camacho/maíz

Los datos de la Tabla 2, indican que las tres formulaciones tienen una humedad baja y una cantidad similar de proteína, lípidos y carbohidratos. Sin embargo, hay algunas diferencias notables en la cantidad de fibra y cenizas en las diferentes formulaciones. Los alimentos que contienen altas cantidades de fibra pueden ayudar a controlar el peso y reducir los niveles de colesterol. En este sentido, la formulación que contiene 60% de almidón de *Alocasia macrorrhiza* y 40% de maíz tiene la mayor cantidad de fibra (8,23%) en comparación con las otras dos formulaciones. Esto la convierte en una opción nutricionalmente más saludable.

Por otro lado, la cantidad de cenizas presentes en las formulaciones puede ser un indicador de la cantidad de minerales y oligoelementos que contienen. La formulación que contiene 40% de almidón de *Alocasia macrorrhiza* y 60% de maíz tiene la mayor cantidad de cenizas (4,89%), lo que sugiere que puede tener una mayor cantidad de minerales y oligoelementos. Al comparar con Choudhury et al. (2014), se observa que la incorporación de almidón de camacho genera un aumento en los valores de carbohidratos.

En cuanto a las características del material de estudio, se tiene que el diámetro de la boquilla afecta la textura y forma de los productos extruidos, siendo un diámetro más grande responsable de un producto final más grande y menos denso. El Índice de expansión está relacionado con la cantidad de aire o gas atrapado dentro del producto final como se muestra en el trabajo de Sampaio et al. (2022), lo que afecta su textura y apariencia, resultando en un producto más ligero y crujiente cuando el índice de expansión es mayor. Estudios recientes sugieren que la dureza de los productos

extruidos puede aumentar a medida que se incrementa el porcentaje de chocho en la mezcla, como se observó en el estudio de Pérez et al. (2017). Además, se ha encontrado que el índice de expansión disminuye con el aumento de la humedad, como se evidenció en el estudio de Espinoza et al. (2021), mientras que el estudio de Ritva et al. (2011), indicó que el índice de expansión aumenta a medida que se incrementa la concentración de maíz en la mezcla. **(Pérez et al., 2017).**

Análisis estadístico

A partir del ANOVA realizado (Tabla 4), se realizaron comparaciones específicas entre aquellas variables que muestren significancia. En consecuencia, los resultados de este análisis permiten identificar los factores más relevantes para las variables de respuesta, facilitando la comprensión de los efectos de cada factor sobre las mismas.

Tabla 4: Análisis del p valor de cada variable de respuesta obtenida del análisis estadístico.

Factor	Variable de respuesta		
	Firmeza	Humedad	IE
Formulación (F)	0,000	0,651	0,000
Diámetro de salida (DS)	0,000	0,000	0,000
F*DS	0,003	0,403	0,186

Nota: Valores de $p \leq 0,05$ indican significancia sobre las variables de respuesta

Los resultados del análisis estadístico indican que la formulación tuvo un efecto significativo en la firmeza y el índice de expansión del producto final, pero no en la humedad. Además, el diámetro de salida también tuvo un efecto significativo en todas las variables de respuesta. Específicamente, la formulación influyó en la firmeza y el

índice de expansión, lo que sugiere que la selección adecuada de los ingredientes puede mejorar las características físicas del producto final. Por otro lado, el diámetro de salida influyó en todas las variables de respuesta, lo que indica que el control de esta variable durante la extrusión es fundamental para lograr un producto con las características deseadas de acuerdo a lo obtenido por Pérez et al. (2017).

Conclusión

Los resultados obtenidos en esta investigación demostraron que la adición de almidón de camacho mejoró las características fisicoquímicas del producto final, logrando un mayor contenido de proteínas y fibra en comparación con las formulaciones que contenían mayor porcentaje de almidón de maíz. Además, se observó que el diámetro de salida de 3mm para una formulación de 60% de almidón de camacho presenta un menor índice de expansión en comparación con la formulación con un 60% de almidón de maíz que permite obtener extruidos con mayor índice de expansión para el mismo diámetro, lo que demuestra que el almidón de camacho disminuye el índice de expansión en el producto final. Con respecto a la firmeza la formulación con 60% de almidón de camacho muestra una mayor firmeza en comparación con la formulación de 60% almidón de maíz con una menor firmeza, lo que muestra que el almidón de camacho mejora la firmeza del producto extruido. Sin embargo, se encontró que el almidón utilizado tenía un contenido de oxalato que superaba las recomendaciones diarias de ingesta, lo que sugiere la necesidad de tomar medidas para reducir el contenido de oxalato. Por lo tanto, sería importante realizar futuras investigaciones que exploren métodos para reducir los niveles de este antinutriente.

Referencias

- Alonso, Marzo, et al. (27 de Noviembre de 2001). The effect of extrusion cooking on mineral bioavailability in pea and kidney bean seed meals. *Sciencedirect*, 1-13. Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840101003029>
- Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Vargas, J. C., Uvidia, H., Valle, S., & Flores, L. (2017). Caracterización de antinutrientes en cuatro ensilados de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) para cerdos. *Nota técnica. Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(1), 79-83.
- Carreño, R., Celis, D., Bautista, J., & Salazar, S. (2022). Harina de hoja de bore -*Alocasia macrorrhiza*- como materia prima en el balanceado para pollos de engorde. <https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n%25i.2022.1156>
- Calvo, M. (2015). Estructura del almidón. <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/almidon.html>
- Delgado, E., Alvarado-González, Ó., Medrano-Roldán, H., Rodríguez-Miranda, J., Carrete-Carreón, F., Reyes-Jáquez, D., Delgado, E., Alvarado-González, Ó., Medrano-Roldán, H., Rodríguez-Miranda, J., Carrete-Carreón, F., & Reyes-Jáquez, D. (2020). Efecto de la temperatura de extrusión, humedad y contenido del aceite de girasol sobre las propiedades funcionales y digestibilidad de alimentos para ganado bovino. *Abanico veterinario*, 10. <https://doi.org/10.21929/abavet2020.32>
- Don, G., & Sweet, R. (2020). *Alocasia macrorrhizos*. https://www.ecured.cu/Alocasia_macrorrhizos
- Jara, M. Á. A. (2019). Obtención del almidón de la *Alocasia macrorrhiza* y cuantificación del oxalato de calcio. *Tse'De*, 2(1), Article 1.
- O'Hair, S. K., & Maynard, D. N. (2021). *Alocasia—An overview* | ScienceDirect Topics. <https://www.sciencedirect.com/topics/pharmacology-toxicology-and-pharmaceutical-science/alocasia>

- Pérez, K., Elías, C., & Delgado, V. (2017). Bocado con alto contenido proteico: Un extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y camote (*Ipomoea batatas* L.). *Scientia Agropecuaria*, 8(4), 377-388. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.09>
- Ramírez, E., Sossa, M., Colque, R., & Batállanos, R. (2013). Elaboración de cereales de desayuno a través del proceso de extrusión: The making of breakfast cereals through extrusion process. *Revista Ventana Científica*, 33.
- Saint-Eve, A., Granda, P., Legay, G., Cuvelier, G., & Delarue, J. (2019). Consumer acceptance and sensory drivers of liking for high plant protein snacks. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(8), 3983-3991. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9624>
- Salvador, R., Sampaio, U. M., Moro, T. M. A., de Brito, A. D. C., Behrens, J., Campelo, P. H., & Clerici, M. T. P. S. (2022). Andean purple maize to produce extruded breakfast cereals: Impact on techno-functional properties and sensory acceptance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(2), 548-559. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12165g>
- Sarmiento, A., Morales, J., & López, G. (2020). Caracterización del Bore (*Alocasia macrorrhiza*) y su utilización como fuente alternativa para la alimentación animal. 49-54. <https://doi.org/10.23850/25004468.313>