

Correspondence:

“EVALUACIÓN DE BIORREMEDADORES ORGÁNICOS EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN MANABÍ, ECUADOR.”

" EVALUATION OF ORGANIC BIOREMEDIATORS IN CORN CULTIVATION (*Zea Mays* L.) IN MANABÍ, ECUADOR."

Barreto-Macías Arnaldo Universidad Agraria del Ecuador, abarreto@uagraria.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-0089-1419>

Farah Asang Simon Universidad Agraria del Ecuador, sfarah@uagraria.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0003-003245-2936>

Veliz-Piguave Freddy Universidad Agraria del Ecuador, fveliz@uagraria.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-9808-3080>

Plúas Holguín Pablo Universidad Agraria del Ecuador, pabloarielpluasholguin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4754-1942>

Resumen

El presente estudio evaluó la efectividad de cuatro dosis de biorremediadores orgánicos, aplicados al cultivo de maíz (*Zea mays*) con la finalidad de mejorar el rendimiento. La investigación se llevó a cabo en el sector La Cadena – Manabí. El producto a evaluar fue elaborado artesanalmente a partir de materiales de la zona (microorganismos nativos, jugo de caña, sales minerales, leche y leguminosas). La aplicación se realizó en tres etapas del cultivo, evaluando cuatro dosis distintas, adicionalmente se complementó con fertilización química en los tratamientos 1, 2, 3 en diferentes porcentajes, en base a una tabla de fertilización, siendo el cuarto tratamiento 100% biorremediadores y el quinto tratamiento testigo (100% fertilización convencional). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cinco repeticiones. El estudio se realizó en la época de verano. Las variables que se evaluaron fueron: altura de planta en la floración, inserción de la mazorca, diámetro del tallo (cm) en la floración, relación grano – olote, longitud de la mazorca (cm), número de hileras por mazorca, peso de 100 granos (g), rendimiento (kg/ha) y análisis económico. Como resultados, se pudo constatar que la aplicación de biorremediadores en dosis de 100% (100 cc/litro de agua) y 0% de fertilización convencional permite la obtención de rendimientos favorables, reduciendo considerablemente los costos de inversión. Por otro lado, posee excelentes características medioambientales, ya que no es tóxico para animales y no contaminan los acuíferos.

Palabras clave Agricultura orgánica, biopreparados, fertilización, sostenibilidad

Abstract

The present study evaluated the effectiveness of four doses of organic bioremediators, applied to the cultivation of corn (*Zea mays*) in order to improve yield. The investigation was carried out in the La Cadena - Manabí. The product to be evaluated was handcrafted from local materials (native microorganisms, cane juice, mineral salts, milk and legumes). The application was carried out in three cultivation stages, evaluating four different doses, additionally it was complemented with chemical fertilization in treatments 1, 2, 3 in different percentages, based on a fertilization table, the fourth treatment being 100% bioremediation and the fifth control treatment (100% conventional fertilization). A randomized complete block design (DBCA) with five treatments and five repetitions was used. The study was carried out in the summer time. The variables that were evaluated were: plant height at flowering, ear insertion, stem diameter (cm) at flowering, grain-cob ratio, ear length (cm), number of rows per ear, weight of 100 grains (g), yield (kg / ha) and economic analysis. As results, it was found that the application of bioremediators in doses of 100% (100 cc / liter of water) and 0% of conventional fertilization allows obtaining favorable yields, considerably reducing investment costs. On the other hand, it has excellent environmental characteristics, since it is not toxic to animals and does not pollute aquifers.

Keywords Biopreparations, fertilization, organic agriculture, sustainability.

Introducción

El maíz, *Zea mays* L. de la familia Poaceae, es el alimento de mayor demanda en el Ecuador, tanto para el hombre como para la crianza de animales (Jiménez, 2009). Según la FAO (2002), desde hace aproximadamente tres décadas se han desarrollado tecnologías para aumentar la producción por hectárea de maíz, no obstante, el costo de producción se ha incrementado, debido a la cantidad de fertilizante y pesticidas que se aplican para poder aumentar la producción por hectárea.

Como señalan Aijón y Cumplido (2007), se ha comprobado que el uso indiscriminado de agroquímicos es perjudicial para la salud de los seres vivos y nocivo para el ambiente. Por tanto, en la actualidad se están buscando alternativas sostenibles, como la fertilización orgánica en el cultivo de maíz, a través de biorremediadores (bioles enriquecidos con microorganismos), los cuales aporta al suelo los nutrientes necesarios para un crecimiento eficiente, mejoran la fauna benéfica del suelo al enriquecerlo con gran cantidad de microorganismos, que permiten la descomposición de la materia orgánica y liberación de los nutrientes para un mejor aprovechamiento de las plantas (Aguado-Santa Cruz, 2012).

Para Valenzuela (2013), *Z. mays* presenta requerimientos especiales de fertilización dado que necesita diferentes cantidades nutricionales en cada una de sus etapas fenológicas (etapa inicial, etapa vegetativa y etapa de producción). Adicionalmente, los suelos del litoral ecuatoriano evidencian deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio en menor escala lo cual afecta en su conjunto al rendimiento del maíz en esta región del país.

Es por ello, que los productores de maíz en el sector La Cadena – Manabí han apelado al uso extensivo de productos químicos por décadas. Como resultado de malas estrategias

agronómicas, actualmente se ha observado una disminución en la productividad de las cosechas y empobrecimiento de los suelos.

Razón por la cual, se hace necesario evaluar la eficacia de métodos agroecológicos, en este caso biorremediadores para elevar la productividad de los agricultores y recuperar los suelos de la zona aplicando estrategias amigables, tanto para el ambiente como para los seres vivos.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el sector de la Cadena – Manabí, Ecuador, cuyas coordenadas geográficas son longitud 5°59'48.9411 norte y latitud 25°48.1368' este (Fig. 1). El trabajo experimental se llevó a cabo durante los meses de abril a diciembre del año 2017. El área que se utilizó comprende una extensión útil de 400 m² y se encuentra a una altitud de 50 msnm. Las condiciones climáticas promedio que se registran en el sector Cadenas son: temperatura promedio 26 °C, precipitación anual de 956 mm y una velocidad del viento de 1,14 m/s día y 4,5 m/s noche (INAMHI, 2017).

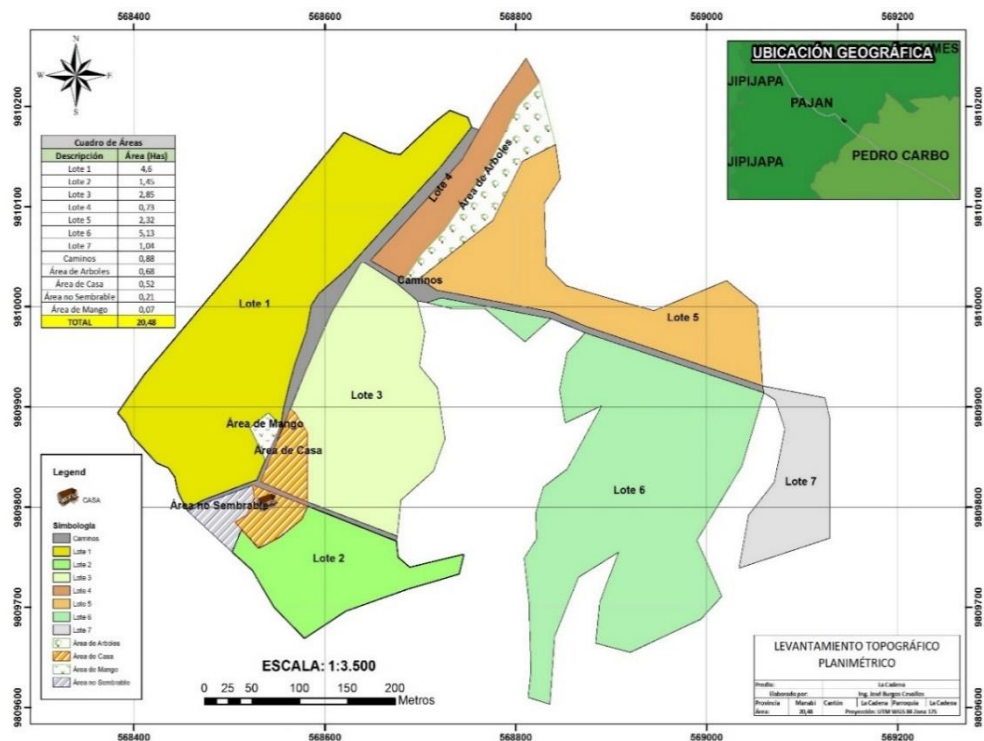


Figura 1. Mapa de la hacienda y ubicación geográfica de la misma dentro del Sector de la Cadena, Manabí, Ecuador.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar (DBCA) compuesto de 5 tratamientos, evaluados a través de 5 repeticiones. La valoración estadística de los datos se realizó mediante el análisis de varianza y la comparación de promedios a través del Test de Tukey ($P < 0.05$), utilizando el software estadístico Infostat, versión estudiantil (Di Rienzo et al., 2008).

Se utilizó el híbrido trueno NB – 7443, el cual es descrito por AGRIPAC (2017), como un maíz de grano anaranjado semi-cristalino de tamaño grande y pesado, con altos porcentajes de rendimiento en trilla y un índice de desgrane en promedio de 83%; es tolerante a las enfermedades Mancha de asfalto, *Helminthosporium*, *Curvularia* y la Cinta roja; presenta alta productividad y rendimiento, así como una alta tolerancia al volcamiento.

En cuanto al biorremediador, este se elaboró según los componentes orgánicos autóctonos en la zona, adicionalmente se enriqueció al biol con sales minerales para cada una de las tres etapas fenológicas del cultivo, tal y como se menciona en la tabla 1.

Tabla 1. Composición en peso de los diferentes elementos que conformaron el biorremediador para la fertilización de maíz.

		Componentes de biorremediadores		
Para los		Producto	Cantidad	
se estableció de bajo el esquema: fertilización		Estiércol de vaca	40 kg	tratamientos un programa fertilización siguiente T1= 75% de
		suero de Leche	4 lts	
		Leguminosas	1 kg	
		Jugo de caña	10 lts	
		Ceniza	2 kg	
		Microorganismos	4 lts	
		Agua	120 lts	
SALES MINRALES				
ETAPA 1				
		Sulfato de amonio cristalizado	1 Kg	
		Fosfato monopotásico	9 kg	
		Sulfato de potasio granular	9 kg	
ETAPA 2				
		Sulfato de potasio granular	9 kg	
		Fosfato monopotásico	9 kg	
		Bórax	225 g	
		Sulfato de Zinc	450g	
		sulfato de cobre	300 g	
ETAPA 3				
		Sulfato de zinc	450 g	
		Bórax	225 g	

convencional + 25% biorremediadores, T2= 50% de fertilización convencional + 50% biorremediadores, T3= 25% de fertilización convencional + 75% biorremediadores, T4= 0 %

de fertilización convencional + 100 % de biorremediadores y T5 = Testigo (100% de fertilización convencional). En la tabla 2, se detalla el programa de aplicación de los fertilizantes para cada tratamiento, el cual se llevó a cabo en las tres diferentes etapas fenológicas del cultivo.

Tabla 2. Programa de fertilización convencional y orgánica por parcela experimental

Programa de fertilización convencional y orgánica por parcela						
Primera fertilización						
Producto	Dosis por parcelas					Tiempo de aplicación
	T1	T2	T3	T4	T5	
Muriato de Potasio DAP	336 g 168 g	224 g 112 g	112g 56 g	0 g 0 g	448 g 224 g	Momento de siembra, al suelo hasta los 15 días
Biol Etapa 1(con N-P-K-S)	16 cc	32cc	48cc	64cc	0 cc	2 veces por semana
Segunda fertilización						
Urea	360 g	240 g	120g	0 g	480 g	15 – 16 días al suelo
Evergreen	2,4cc	1,6cc	0,8 cc	0 cc	3,2 cc	16 – 18 días Foliar
Quelato de Zinc	1,2cc	0,8cc	0,4cc	0cc	1,6 cc	16 – 18 días Foliar
Biol Etapa 2(con k-P-B-Zn)	16 cc	32cc	48 cc	64cc	0 cc	2 veces por Semana
Tercera fertilización						
Metalozato multimineral	2,4 cc	1,6cc	0,8cc	0cc	3,2 cc	25 – 30 días foliar
Biol Etapa 3(con S-Zn-B)	16 cc	32 cc	48 cc	64cc	0 cc	2 veces por semana
Urea	360 g	240 g	120 g	0 g	480 g	35-38 días al suelo

Los datos de las variables altura de la planta (cm), diámetro del tallo (cm), inserción de la mazorca (cm), fueron evaluados en 10 plantas seleccionadas al azar dentro del área útil de cada parcela experimental. Para establecer el peso 100 granos (g), relación grano-tusa, longitud de la mazorca (cm), número de hileras por mazorca, número de granos por mazorca y el rendimiento de cada uno de los tratamientos, se realizó una selección aleatoria de 10 mazorcas tomadas al azar dentro del área útil de cada tratamiento y cada repetición.

Resultados

En la tabla 3 se pueden observar los promedios de altura de la planta, diámetro del tallo e inserción de la mazorca como respuesta a las diferentes dosis de biorremediadores aplicados al cultivo de maíz.

Tabla 3. Promedio de altura de la planta, diámetro del tallo e inserción de la mazorca con diferentes dosis de biorremediadores en el cultivo de maíz. Sector La Cadena-Manabí.

Tratamientos	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Inserción de la mazorca (cm)
T1	208,4 a	1,68 a	108,8 a

T2	207,4 a	1,68 a	109,0 a
T3	208,6 a	1,68 a	109,6 a
T4	208,6 a	1,70 a	108,4 a
T5	209,6 a	1,68 a	109,8 a

Test de Tukey ($p < 0.05$). Letras iguales no difieren estadísticamente.

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla 3, se puede observar los análisis estadísticos de las variables: altura de la planta, diámetro del tallo e inserción de la mazorca. Según el análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre las parcelas experimentales. Asimismo, se pudo evidenciar que los valores más altos registrados para altura de la planta e inserción de la mazorca se obtuvieron con T5 (100% fertilización convencional), mientras que, en diámetro del tallo, el valor más alto fue con T4 (100% fertilización con biorremediadores).

Con relación a los promedios obtenidos para peso de los granos, relación grano-tusa, longitud de la mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos por mazorca para cada uno de los tratamientos, los resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Promedio de peso de los granos, relación grano-tusa, longitud de la mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos por mazorca con diferentes dosis de biorremediadores en el cultivo de maíz, Sector La Cadena-Manabí.

Tratamientos	Peso de granos (g)	Relación grano-tusa	Longitud de la mazorca (cm)	Número de hileras por mazorca	Número de granos por mazorca
T1	35 a	3,69 a	15,6 a	16,00 a	556,40 a
T2	35 ab	3,68 a	15,4 a	16,20 a	553,60 a
T3	34,8 ab	3,67 a	15,6 a	15,80 a	560,00 a
T4	35,2 ab	3,71 a	16,2 a	16,20 a	562,00 a
T5	35,6 b	3,83 a	16,8 a	16,80 a	591,00 a

Test de Tukey ($p < 0.05$). Letras iguales no difieren estadísticamente.

La variable peso de granos se pudo evidenciar diferencias significativas entre las parcelas experimentales. Se determinó que el T5 (100% fertilización convencional) obtuvo resultados de 35,6 g siendo el mayor valor y, el menor valor fue de 34,8 g con el T3 (25% de fertilización convencional + 75% biorremediadores).

En lo que respecta a las variables relación grano-tusa, longitud de la mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por mazorca, se evidencia que en los resultados del análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas con el uso de biorremediadores, tal como se observa en la tabla 4, donde se muestra que el valor más alto se obtuvo en el tratamiento sin biorremediadores T5 (100% fertilización convencional).

En la tabla 5 se registran los promedios del análisis estadístico del rendimiento por hectárea en los diferentes tratamientos (kg/ha) obtenidos de la prueba de la efectividad de cuatro dosis de biorremediadores, aplicados al cultivo de maíz en el Sector La Cadena – Manabí. En el análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos. Asimismo, se evidencia que el tratamiento T5 (100% fertilización convencional), mostró mayor rendimiento kg/ha, fue el que registró mejor relación beneficio/costo.

Tabla 5. Promedios de rendimiento (kg/ha) y relación beneficio/costo con diferentes dosis de biorremediadores en el cultivo de maíz. Sector La Cadena-Manabí.

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Relación beneficio/costo
T1	4670 ab	0,5747634
T2	4488 a	0,50199203
T3	4484 a	0,487467225
T4	4954 ab	0,639944828
T5	5158 b	0,739466042

Test de Tukey (p <0.05). Letras iguales no difieren estadísticamente.

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla 5, la eficacia técnica en el uso de biorremediadores en la producción de maíz, se realiza a los 52 días, en la época de floración,

el tratamiento que presentó mayor rendimiento fue la combinación de biorremediador (biofertilizante) al 100 % (100 cc/litro de agua) y 0% de fertilización convencional, denominado T4, comparativamente con el tratamiento testigo (100% de fertilización convencional). Por su parte, en los tratamientos donde se aplicó la combinación de biorremediador con fertilización convencional el rendimiento obtenido fue inferior, evidenciando valores entre 4484-4670 kg/ha. En este sentido, los valores obtenidos concuerdan con los registrados por Abad (2017), Hernández-Ruiz et al. (2017), INIA (2017), Masaquiza (2016) y Montoya (2017) quienes realizaron comparaciones en el desarrollo del maíz con uso de biol, fertilización foliar y mineral.

En la presente investigación, los mejores resultados obtenidos, al obviar el tratamiento testigo, para el cultivo de maíz fue 100% fertilización con biorremediadores, donde se logró obtener un promedio de 4,954 TM/ha, contrario a los resultados señalados en el estudio realizado por Robalino (2011), quién obtuvo mejores resultados al aplicar biofermentos en maíz, a una dosis intermedia de 68 litros/ha/ciclo con un rendimiento promedio de 5,69 TM/ha. Diferencias que probablemente obedezca al material genético empleado en cada estudio.

Conclusiones

En el presente estudio, se pudo constatar que la aplicación de biorremediadores en dosis de 100% (100 cc/litro de agua) y 0% de fertilización convencional permite la obtención de rendimientos favorables, reduciendo considerablemente los costos de inversión. Por otro lado, posee excelentes características medioambientales, siendo una ruta factible para el desarrollo de prácticas sostenibles a largo plazo en cultivos extensivos como el maíz.

Referencias

Abad, Y. (2017). Caracterización, identificación y evaluación de microorganismos autóctonos biorremediadores de suelos contaminados por agroquímicos de suelos contaminados por agroquímicos en la Provincia de Loja. Tesis de Maestría de Agroecología y Ambiente. Universidad de Cuenca. Recuperado de

http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26974/1/TESIS%20_%20YURI.pdf

AGRIPAC (2017). Catálogo de semillas de maíz. Disponible en: www.agripac.com.ec

- Aguado-Santa Cruz, G. (2012). Uso de microorganismo como biofertilizantes En: Aguado-Santa Cruz (Ed.) *Introducción al uso y manejo de biofertilizantes en la agricultura*. INIFAP/SAGARPA. Mexico, pp. 35-78
- Aijón, C. y Cumplido, A. (2007). Percepción del riesgo de agroquímicos en la localidad de Basavilbaso, Entre Ríos. Tesis Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de Barcelona, España. Recuperado de https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2007/hdl_2072_5219/PFCAijon_Cumplido.pdf
- Barros-Bastidas, C., & Turpo, O. (2020). La formación en investigación y su incidencia en la producción científica del profesorado de educación de una universidad pública de Ecuador. *Publicaciones*, 50(2), 167–185. doi:10.30827/publicaciones.v50i2.13952
- Barros, C., & Turpo, O. (2017). La formación en el desarrollo del docente investigador: una revisión sistemática. *Revista Espacios*, 38(45).
- Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; González, L.; Tablada, M. y Robledo C.W. (2008). *InfoStat*, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
- FAO (2002). Perspectivas en los principales sectores En: *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*. Informe resumido. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s00.htm#TopOfPage>
- Hernández-Ruiz, G., Álvarez-Orozco, N. y Ríos-Orsorio, L. (2017). biorremediación de organofosforados por hongos y bacterias en suelos agrícolas: revisión sistemática. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecuaria, Mosquera (Colombia)* 18(1):139-159.
- INAMHI (2017, 15 junio). Red de estaciones meteorológicas. Consultado de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/red-de-estaciones-meteorologicas/>
- INIA (2017). Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de maíz en grano y maíz para silo. Periodo 2016. INIA. Recuperado de http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_CV/Ano2016/PubMaizGranoySilo2016.pdf
- Jiménez, M. (2009). Evaluación de tres distancias de siembra y su rendimiento en la producción de maíz tusilla en el Canto Francisco de Orellana. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Loja, Recuperado de <file:///D:/USUARIO/Downloads/Jim%C3%A9nez%20Naula%20Manuel.pdf>

- Masaquiza, J. (2016). Valoración del rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) en relación con la aplicación de biodegradantes en el sector La Isla, Cantón Cumandá. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Ambato. Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24084/1/tesis%200005%20Ingenier%20C3%ADa%20Agropecuaria%20-%20Juan%20carlos%20Masaquiza%20-%20cd%200005.pdf>
- Montoya, A. (2017). Caracterización físico-química y microbiológica del proceso de elaboración de biol y su efecto en germinación de semillas. Tesis Magister Scientiae en suelos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú Recuperado <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2792/F04-D5335-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Robalino, H. (2011). Evaluación de la actividad biológica y nutricional de diferentes formulaciones y la respuesta a su aplicación en cultivos de arroz (*Oryza sativa*) y maíz (*Zea mays*), en Guayas. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/16917>
- Turpo Gebera, O., Aguaded Gómez, I., & Barros Bastidas, C. (2022). Alfabetización mediática e informacional y formación docente en países en desarrollo: el caso de Perú. *Universidad Y Sociedad*, 14(2), 321-327. Recuperado a partir de <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2710>
- Valenzuela, (2013). Respuesta del maíz a un programa de fertilización en base a los resultados de análisis químico del suelo. Tesis Ingeniero Agrónomo. Recuperado de http://es.slideshare.net/giancarlo89/tesis-de-helen-valenzuela?from_action=save
- von Feigenblatt, Otto Federico (2007). *Japan and Human Security: 21st Century ODA Policy Apologetics and Discursive Co-optation* (2nd ed.). Delray Beach: Academic Research International.
- von Feigenblatt, Otto Federico (2009a). Anomie, Racial Wage, and Critical Aesthetics: Understanding the Negative Externalities of Japanese and Thai Social Practices. *Journal of Asia Pacific Studies*, 1(1), 69-75.

