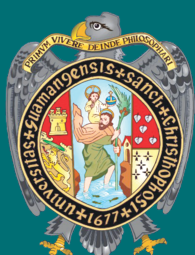


Volumen 27 / N° 1
Enero - Junio 2019
ISSN. 1684 - 0089

Investigación



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**
Vicerrectorado de Investigación
OFICINA GENERAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

Ayacucho, Perú

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

Revista *INVESTIGACIÓN*

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Homero ANGO AGUILAR

Rector

Lurquín ZAMBRANO OCHOA

Vicerrector Académico

Hugo GUTIÉRREZ OROZCO

Vicerrector de Investigación

Editor

Mg. Ismael Pérez Calderón

Jefe de la Oficina General de Investigación e Innovación

Evaluadores Externos

Dr. Pablo Sergio Ramírez Roca

Profesor Principal, Facultad de Ciencias Biológicas, UNMSM

Ph. D. Waldir Desiderio Estela Escalante

Profesor Principal, Facultad de Química e Ingeniería Química, UNMSM

Dra. Martha Esther Valdivia Cuya

Profesora Principal, Facultad de Ciencias Biológicas, UNMSM

Dr. Honorio Sabino Pinto Herrera

Profesor Principal, Facultad de Ciencias Sociales, UNMSM

Mg. Napoleón Adolfo Medrano Osorio

Profesor Principal, Facultad de Ciencias Económicas, UNMSM

Dr. Chachi Rojas Ayala

Profesor Principal, Facultad de Ciencias Físicas, UNMSM

Dra. Ruth Hortencia García de la Guarda

Profesora Principal, Facultad de Ciencias Biológicas, UNMSM

Personal Administrativo

Delia María Falconi Valdivia

Pedro E. Arce de la Cruz

Nory Parodi Sulca

ISSN N° 1684-0089

Depósito Legal N° 2007-10457

Investigación

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
OFICINA GENERAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

Vol. 27 / Número 1 – 2019



Ayacucho – Perú

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

Revista *INVESTIGACIÓN*

Vol. 27 / Número 1 Enero – Junio 2019

ISSN N° 1684-0089

DIRECTORES DE LAS UNIDADES DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2019

Nery Santillana Villanueva	: Ciencias Agrarias
Elya Bustamante Sosa	: Ciencias Biológicas
Indalecio Mujica Bermúdez	: Ciencias de la Educación
Manuel Jaime Flores	: Ciencias Económicas, Administrativas y Contables
Freddy León Nina	: Ciencias Sociales
Alejandro Monzón Montoya	: Ingeniería de Minas, Geología y Civil
Nilo Juscamayta Tomasevich	: Ingeniería Química y Metalurgia
Maricela López Sierralta	: Ciencias de la Salud

OFICINA GENERAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

EDITOR

Mg. Ismael Pérez Calderón
Jefe de la Oficina General de Investigación e Innovación

DIAGRAMACIÓN Y DISEÑO

Nory Parodi Sulca

CORRESPONDENCIA Y CANJE

Local Garcilaso de la Vega
Jr. Arequipa N° 175 2do Piso
Teléfonos(066) 315588-312510 anexo 118
Fax 066-313433
E-mail: investigación@unsch.edu.pe
Home page: <http://www.unsch.edu.pe>
<http://www.vriunsch.com/>

La revista *INVESTIGACIÓN* de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (**Investigación: ISSN 1684-0089**), es una publicación científica abierta a la comunidad local, nacional e internacional sobre aspectos de ciencia, tecnología y humanidades, editada por la Oficina General de Investigación e Innovación, tiene una periodicidad semestral. Los puntos de vista expresados por los autores son de su exclusiva responsabilidad.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2007-10457

Revista indizada en base de datos LATINDEX

EDITORIAL

El presente Volumen 27 Número 1, enero-junio 2019 de la revista Investigación, es la versión física de la edición electrónica que parece como *revistas.unsch.edu.pe*, de alcance internacional, expresa la producción científica de docentes y estudiantes de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y profesionales invitados de diferentes partes del país y extranjero. La revista reúne, 23 artículos científicos, resultado de los informes finales de proyectos de investigación desarrollados en esta oportunidad en el ámbito de la provincias de Huamanga y la Mar, otros a nivel de análisis y experimental efectuados en laboratorios de las facultades de Ciencias Agrarias y Pecuarias, Ciencias Biológicas y Ambientales, Ingeniería Química, Minas, Geología y Civil y Ciencias Físico – Matemáticas e informática de la UNSCH.

Los temas, están referidos a productos andinos como el maíz morado (*Zea mays L.*); Coinoculación de *Rhizobium* y *Bacillus* en el crecimiento de *Phaseolus vulgaris* y *Pisum sativum*; fuentes y dosis de abonos orgánicos en el rendimiento de *Chenopodium quinoa Willd*; desarrollo de un prototipo para el popeo de granos de quinua (*Chenopodium quinoa*); efecto del ultrasonido y tamaño de partículas en la extracción de la oleorresina a partir de cúrcuma (*Curcuma longa L.*); dosis de gallinaza procesada en rendimiento y calidad de mazorcas de variedades de *Zea mays L.* Productos andino-occidentales como el uso equivalente de la tierra, para la asociación maíz-arveja con captación de lluvias; remoción de arsénico en aguas para consumo humano empleando absorbentes a partir de cenizas de eucalipto y carbón mineral.

Resaltan también los trabajos acerca de niveles de finura de diatomita en propiedades químicas del suelo ácido altoandino en invernadero, Ictiozoonosis parasitaria en el pescado crudo según procedencia en los principales lugares de venta en Ayacucho; estimación de aporte de sedimento en la cuenca del río Yucaes- Huamanga; prevalencia de nematodos gastrointestinales en terneros pre destete Brown Swis en época de lluvia, Allpachaka; dermatofitosis humana en una comunidad con desigualdad social, Ayacucho; diversidad genética de la colección de *Opuntia ficus indica* “tuna” del INIA; variación espacial y temporal de la comunidad zooplantónica en la laguna de Toctoccocha, Tambo; prevalencia de la desnutrición en niños escolares e identificación de sus determinantes en el distrito Jesús de Nazareno; diseño y desarrollo de cuero vegetal a base de los residuos de las fibras de hoja de pina (*Ananas comusus*) Golden del VRAEM; determinación de la línea basal de la fiscalización ambiental de las entidades competentes en las micro y pequeñas empresas industriales de la provincia de Huamanga, análisis espectral de la vegetación de bofedal con el espectroradiómetro “Field Spec 4” e imágenes de satélite Sentinel 12, en la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta; diseño y construcción de acumulador solar térmico mediante cambio de fase para optimizar el secado en un secador solar, e influencia del software geogebra en el aprendizaje de las funciones trigonométricas en el quinto de secundaria de la I.E. “Los Licenciados.

Los artículos si bien fueron evaluados por una comisión externa, el contenido de los mismos es de estricta responsabilidad de los autores.

Mg. Ismael Pérez Calderón
Jefe de la OGII-UNSCH

Investigación

ISSN N° 1684-0089

OFICINA GENERAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

Jr. Arequipa N° 175, Ayacucho - Perú

Vol. 27 / Número 1 Enero – Junio 2019

CONTENIDO

EDITORIAL

ARTÍCULOS ORIGINALES

CIENCIAS AGRARIAS Y PECUARIAS

Rendimiento de cuatro variedades de maíz morado (<i>Zea mays</i> L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho. <i>José Quispe Tenorio</i>	11
Niveles y finura de diatomita en propiedades químicas de suelo ácido altoandino en invernadero – Ayacucho. <i>Marhleni Cerda Gómez</i>	23
Coinoculación de <i>Rhizobium</i> y <i>Bacillus</i> en el crecimiento de <i>Phaseolus vulgaris</i> y <i>Pisum sativum</i> , en invernadero, 2018. <i>Nery Santillana Villanueva</i>	29
Características seminales de ovino pre y post congelamiento usando dilutor comercial y yemas de huevo. <i>Alfredo Pozo Curo, Luis Rodríguez Zamora, Rogelio Sobero Ballardo</i>	35
Ictiozoonosis parasitaria en el pescado crudo según procedencia en los principales lugares de venta en Huamanga -Ayacucho 2018. <i>Magaly Rodríguez Monje</i>	41
Dosis de gallinaza procesada en rendimiento y calidad de mazorca de variedades de <i>Zea mays</i> L. Ayacucho, 2018. <i>Rolando Bautista Gómez</i>	47
Prevalencia de nematodos gastrointestinales en terneros pre destete Brown Swiss en época lluviosa Alpachaka, Ayacucho 2018. <i>Florencio Cisneros Nina, Magaly Rodríguez Monje</i>	55
Fuentes y dosis de abonos orgánicos en el rendimiento de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. Canaán 2750 msnm. Ayacucho, 2018. <i>Walter Mateu Mateo</i>	61

Uso equivalente de la tierra, para la asociación maíz-arveja, con captación de lluvias. Ayacucho, 2018. <i>Alex Tineo Bermúdez, Oscar Roque Sigvas</i>	67
Estimación del aporte de sedimento en la cuenca del río Yucaes – Huamanga- Ayacucho- 2018. <i>Jorge Pastor Watanabe</i>	73

CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

Dermatofitosis humana en una comunidad con desigualdad social, Ayacucho 2018. <i>Serapio Romero Gavilán</i>	79
Actividad hemolítica y toxicológica de las saponinas de <i>Colletia spinosissima</i> Gmelin "tacsana" Ayacucho, 2018. <i>Raúl Mamani Aycachi</i>	87
Diversidad genética de la colección de <i>Opuntia ficus indica</i> "tuna" del INIA. <i>Paula García Godos Alcázar</i>	93
Variación espacial y temporal de la comunidad zooplanctónica en la laguna de Toctoccocha, Tambo, La Mar. Ayacucho 2018. <i>Carlos Carrasco Badajoz, Elmer Avalos Pérez, Edwin Portal Quicaña</i>	99

INGENIERÍA QUÍMICA, MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

Desarrollo de un prototipo para el popeo de granos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>) roja con aire caliente. <i>Cipriano Mendoza Rojas</i>	105
Remoción de arsénico en aguas para consumo humano empleando adsorbentes a partir de cenizas de eucalipto y carbón mineral. <i>León Pérez Chauca, Juan Quispe</i>	113
Efecto del ultrasonido y tamaño de partículas en la extracción de la oleoresina a partir de cúrcuma (<i>Curcuma longa</i> L.). <i>Juan Ponce Ramírez</i>	119
Prevalencia de la desnutrición en niños escolares e identificación de sus determinantes en el distrito de Jesús Nazareno. <i>Jesús Paniagua Segovia, Gabriel Cerrón Leandro, Abel Gutiérrez</i>	125
Diseño y desarrollo de cuero vegetal a base de los residuos de las fibras de hoja de piña (<i>Ananas comosus</i>) Golden del VRAEM. <i>Percy Velásquez Ccosi, Jorge Málaga</i>	131
Determinación de la línea basal de la fiscalización ambiental de las entidades competentes en las micro y pequeñas empresas industriales de la provincia de Huamanga – región de Ayacucho. <i>Guido Palomino Hernández</i>	139

CIENCIAS FÍSICO - MATEMÁTICAS E INFORMÁTICA

Análisis espectral de la vegetación de bofedal con el espectroradiómetro "Field Spec4" e imágenes de satélite Sentinel2, en la cabecera de cuenca Cachia- pacheta, Región Ayacucho. <i>Wilmer Moncada Sosa, Alex Pereda Medina</i>	145
---	-----

Diseño y construcción de acumulador solar térmico mediante cambio de fase para optimizar el secado en un secador solar. <i>Kléber Janampa Quispe, Octavio Cerón Balboa, Julio Oré García, Oswaldo Morales Morales</i>	155
Influencia del software geogebra en el aprendizaje de las funciones trigonométricas en quinto de secundaria de la I. E. "Los Licenciados" 2018. <i>Juan Tacuri Mendoza, Víctor Coaquira Cárdenas</i>	165

ARTÍCULOS DE REVISIÓN

Técnicas de aislamiento, identificación, selección de cepas de <i>Rhizobium</i> , <i>azospirillum</i> y producción de inoculantes. <i>Cayo García-Blasquez Morote, Marilú Sato Palomino</i>	175
--	-----

ARTÍCULOS ORIGINALES

CIENCIAS AGRARIAS Y PECUARIAS

RENDIMIENTO DE CUATRO VARIEDADES DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) CANAÁN 2735 msnm, AYACUCHO

José Quispe Tenorio

Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Agrarias

Programa de Investigación en Cultivos Alimenticios- Área de Mejoramiento Genético de Plantas

E-mail: jose.quispe@unsch.edu.pe

RESUMEN

Se estudiaron cuatro poblaciones de maíz morado de libre polinización, con el objetivo de evaluar caracteres de planta, productividad de mazorca y heredabilidad, en las condiciones de Canaán, a 2735 msnm, 13°10'09" latitud sur y 74°32'82" longitud oeste, Ayacucho. La unidad experimental fue una parcela de 3 surcos, 5 m de largo, 0.5 m entre golpes, 0.80 m entre surcos y 2 plantas por golpe. Se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar, con 4 variedades y 3 bloques. La altura de planta promedio fue de 204.3 cm, sin diferencia significativa entre variedades, estas se diferenciaron significativamente en altura de mazorca, con 125.3, 124.0, 110.7 y 108 cm para Compuesto A, PMV 581, Compuesto B y INIA 615. No se encontró diferencia significativa entre variedades para la longitud de mazorca, diámetro de mazorca y peso de mazorca, con promedios de 20.72 cm, 5.09 cm y 172.92 g. Se encontró diferencia significativa entre variedades para el rendimiento de mazorcas, con promedios de 9851.8, 9110.4, 8459.9 y 6608.9 kg/ha para las variedades INIA 615, Compuesto A, Compuesto B y PMV 581. El rendimiento estuvo correlacionado positiva y significativamente con longitud de mazorca, diámetro de mazorca y peso de mazorca. La heredabilidad fue baja en la longitud de mazorca (0.19), media en la altura de planta (0.49), diámetro de mazorca (0.42) y peso de mazorca (0.35) y alta en la altura de mazorca (0.80) y rendimiento (0.79).

Palabras clave. Maíz morado, rendimiento, heredabilidad.

YIELD OF FOUR VARIETIES OF CORN PURPLE (*Zea mays* L.) CANAÁN 2735 masl, AYACUCHO

ABSTRACT

Four populations of free-pollinated purple maize were studied, with the objective of evaluating plant characters, ear productivity and heritability, under the conditions of Canaan, at 2735 masl, 13°10'09" south latitude and 74°32'82" west longitude, Ayacucho. The experimental unit was a plot of 3 furrows, 5 m long, 0.5 m between strokes, 0.80 m between furrows and 2 plants per stroke. The randomized complete blocks experimental design was used, with 4 varieties and 3 blocks. The height of average plant was of 204.3 cm, without significant difference between varieties, these differed significantly in ear height, with 125.3, 124.0, 110.7 and 108 cm for Compound A, PMV 581, Compound B and INIA 615. No difference was found significant among varieties for the length of ear, ear diameter and ear weight, with averages of 20.72 cm, 5.09 cm and 172.92 g. There was a significant difference between varieties for the ear yield, with averages of 9851.8, 9110.4, 8459.9 and 6608.9 kg/ha for the varieties INIA 615, Compound A, Compound B and PMV 581. The yield was correlated positively and significantly with ear length, ear diameter and ear weight. Heritability was low in cob length (0.19), average in plant height (0.49), ear diameter (0.42) and ear weight (0.35) and high in cob height (0.80) and yield (0.79).

Keywords. Purple corn, yield, heritability.

INTRODUCCIÓN

Entre los años 2007 a 2017, en el Perú se registró un incremento de 120 % en la producción de maíz morado, que fue de 10509 a 23092 toneladas. En la región Ayacucho en el año 2014 se registró una producción de 2073 toneladas y en el año 2017 fue de 2960 toneladas, el incremento en este periodo fue de 43 %. En la región Ayacucho históricamente se registran los rendimientos más bajos, 3427 kg/ha en promedio de 4 años (2014 a 2017), mientras que los mayores rendimientos se dieron en las regiones de Huánuco (6809 kg/ha, año 2014), Huánuco (7018 kg/ha, año 2015), Moquegua (7109 kg/ha, año 2016) y Lima (6991 kg/ha, año 2017). El potencial de la región Ayacucho para el incremento

de la producción de maíz morado reside en los factores ambientales favorables y en la superficie cosechada, así, entre los años 2014 a 2017 ocupó el segundo lugar en superficie cosechada con 486 hectáreas en promedio después de Lima que anotó 1442 hectáreas (MINAGRI, 2019). El incremento de la producción de mazorcas de maíz morado en la región Ayacucho se daría en caso se mejore la productividad.

En el contexto del desarrollo sostenible, se conoce que la sostenibilidad de la producción agrícola en los ecosistemas diversos es más viable cuando la base genética del cultivo es diversa, esta cualidad de los cultivos haría frente a la presencia de factores de riesgo que ocasionan grandes

pérdidas en sistemas homogéneos. La base genética de las variedades de maíz morado en las principales zonas de cultivo de Ayacucho, Apurímac y Huancavelica es restringida, cimentada sobre las variedades Morado Canteño, INIA 615 y PMV 581. Para la sostenibilidad de la producción agrícola es recomendable la diversificación del cultivo con variedades de características deseables en el mercado y de buena productividad.

En el Programa de Investigación en Cultivos Alimenticios, se han desarrollado dos poblaciones de maíz morado, denominados Compuesto A y Compuesto B, con el propósito de incrementar la base genética del cultivo en la región, por lo que se debe cumplir la etapa de prueba preliminar de éstos con las variedades más posicionadas. El objetivo general del presente estudio fue evaluar caracteres de planta, productividad de mazorca y heredabilidad en cuatro variedades de maíz morado, INIA 615, PMV 581, Compuesto B y Compuesto A en las condiciones de Canaán a 2735 msnm, Ayacucho.

Poehlman y Allen (2003), señalan, es posible pensar que cada óvulo de una mazorca de maíz de polinización libre podría ser fecundado por un diferente progenitor masculino; esto hace dudar que cualquier par de semillas de una mazorca de maíz, o cualquier par de plantas de un campo de maíz de polinización libre, tengan exactamente el mismo genotipo. Cada planta de maíz es un genotipo híbrido distinto, y un campo de maíz de polinización abierta es una mezcla de plantas híbridas complejas que poseen variación tanto fenotípica como genotípica. Con cada nueva generación, hay recombinación de los genes, lo que conserva la alta heterocigosidad del maíz de polinización libre y mantiene su variabilidad genética.

Dudley and Moll (1969), indican, que la variancia fenotípica es la variancia total entre los fenotipos que se desarrollan sobre el rango de medioambientes de mayor interés. La variancia genética total es la parte de la variancia fenotípica que puede ser atribuida a las diferencias genotípicas entre los

fenotipos. La variancia de la interacción genotipo medio ambiente es aquella parte de la variancia fenotípica atribuible a la falta de diferencias entre genotipos similares en diferentes medioambientes.

Refieren, que la variancia genética total puede ser subdividida en variancia genética aditiva, variancia genética de dominancia y variancia genética epistática. La variancia genética total aditiva en una población es la suma de la variancia genética aditiva contribuida por loci individuales. La variancia genética aditiva para un simple locus está determinada por la frecuencia génica y por el efecto medio de sustitución de un alelo por otro (efecto aditivo). El concepto de variancia genética aditiva no implica necesariamente acción genética aditiva. La variancia genética aditiva puede deducirse de genes con algún grado de dominancia o epistasia. Definen, a la variancia de la dominancia como la variancia intralocus que permanece después de la sustracción de la variancia aditiva del total de variancia intralocus.

También, definen, a la variancia genética epistática, como aquella porción de la variancia genética total que permanece después de la sustracción de la variancia total intralocus y representa la falta de aditividad de la variancia genética intralocus que está explicada por la variación total entre genotipos. Refieren que Cockerham (1954) y Kempthorne (1955) han subdividido la variancia epistática en los tipos representativos de variación posibles, interacción entre efectos aditivos y dominantes.

Finalmente señalan que la heredabilidad en el sentido amplio es la relación de la variancia genética total sobre la variancia fenotípica; y la heredabilidad en el sentido restringido es la relación de la variancia genética aditiva sobre la variancia fenotípica.

La heredabilidad de un carácter en particular puede ser cualquier número desde 0 hasta 1. No existe una definición precisa en lo que se entiende por alta o baja heredabilidad, pero por lo general se aceptan los siguientes valores: alta heredabilidad > 0.5, heredabilidad media = 0.2 – 0.5, baja heredabilidad < 0.2 (Stansfield, 1984).

Tabla 1.1. Componentes de variancia, heredabilidad y selección del peso de mazorca de maíz morado (*Zea mays* L.) Compuesto B, por ciclo de selección.

Componentes		Ciclo				
		C0	C1	C2	C3	C4
Variancia genética	σ_G^2		655.82	290.56	417.70	398.75
Variancia ambiental (parcelas)	σ_E^2		2.61	10.00	100.96	33.93
Variancia fenotípica	σ_F^2		658.42	300.55	518.66	432.68
Heredabilidad	h^2		1.00	0.97	0.81	0.92
Promedio población	$\bar{Y}_0$	147.47	99.53	103.96	150.81	157.69
Ganancia por selección predicha	GS		15.42	6.04	6.05	10.11
Porcentaje de mejora predicha	%GS		15.49	5.81	4.01	6.41
Ganancia por selección observada	GSO		-47.94	4.43	46.85	6.88
Porcentaje de mejora observada	%GSO		-32.51	4.45	45.07	4.56

Fuente: Mamani (2017), Espinoza (2016), Gómez (2017) y Espinoza (2019).

Un programa de selección masal recurrente, se inició en el año 2012 en Canaán - Ayacucho, se instaló un campo con dos surcos de las variedades PMV 581, Compuesto A y INIA 615 intercalado con dos surcos de un compuesto balanceado de las tres variedades, se cosecharon mazorcas del compuesto al que se denominó “Compuesto B” (Salinas, 2014), en la campaña agrícola 2013-2014 se inició el primer ciclo de selección (C1) (Mamani, 2017), completándose cuatro ciclos en las campañas agrícolas 2014-2015 (C2) (Espinoza, 2016), 2015-2016 (C3) (Gómez, 2017) y 2016-2017 (C4) (Espinoza, 2019). Todos los ciclos de selección se realizaron

utilizando la metodología de “selección masal estratificada” (Gardner, 1961). Los resultados de componentes de variancia, heredabilidad y selección para cuatro ciclos se presentan en la tabla 1.1.

En relación a caracteres de planta y mazorca en un segundo programa de selección masal recurrente, con una población de maíz morado variedad Compuesto A, varios tesisistas, encontraron los valores que se indican en la tabla 1.2. La selección se realizó por peso de mazorca (Prado, 2019; Valenzuela, 2015; Quispe, 2019 y Quispe, 2017).

Tabla 1.2. Caracteres de planta y mazorca en cinco ciclos de selección masal recurrente por peso de mazorca de maíz morado variedad Compuesto A.

Carácter		Autor			
		Prado (2019)	Valenzuela (2015)	Quispe Y. (2019)	Quispe S. (2017)
Altura de planta	cm	272.00	240.00		
Altura de mazorca	cm		136.00		
Longitud de mazorca	cm	16.11	15.90	16.49	18.05
Diámetro de mazorca	cm	4.39	4.54	4.68	3.94
Diámetro de tuza	cm			2.80	1.82
Número de hileras por mazorca		10.67	10.53	10.55	10.62
Número de granos por hilera			27.45		
Peso de 1000 semillas	g		400.20	386.24	390.80
Peso de mazorca	g	133.20	126.58	127.58	139.19
Peso de grano	g	109.74	108.53	108.71	119.76
Peso de tusa	g	23.74	18.05	18.11	19.43
Rendimiento	kg/ha	8657.68	8227.70	8292.54	9047.35

Fuente: Prado (2019), Valenzuela (2015), Quispe (2019) y Quispe (2017).

Salisbury y Ross (2000), en la obra “Fisiología de las Plantas. Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental”, señalan, que la ley de la tolerancia, que incluye los conceptos de factores limitantes y niveles de factor óptimos, sugiere que el potencial genético de una planta para la productividad podría lograrse si se pudiesen optimizar todos los factores del entorno.

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Ubicación

El experimento se condujo en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito Andrés Bello Cáceres a 4 km de la ciudad universitaria y a 2735 msnm, latitud 13°10'09" S y altitud 74°32'82" O.

2.2. Material genético

PMV 581: Variedad compuesta, mejorada por el Programa de Investigación y Proyección Social de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

INIA 615- Negro Canaán: Variedad compuesta, obtenida a partir de 36 colecciones de cultivares de la raza Kculli, colectadas el año 1990 en las provincias de Huanta (22), Huamanga (8) y San Miguel (6); mejoradas por selección recurrente de medios hermanos por nueve ciclos.

Compuesto A. Variedad compuesta, obtenida mediante seis ciclos de selección recurrente por peso de mazorca en base a una colección de maíz de libre polinización procedente de Arequipa.

Compuesto B. Variedad compuesta obtenida de un compuesto balanceado de las variedades INIA 615, PVM 581 y Compuesto A, con cinco ciclos de selección recurrente por peso de mazorca.

2.3. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo conformada de una parcela de maíz morado de 3 surcos, 5 m de largo, 0.5 m entre golpes, 0.80 m entre surcos y densidad de siembra de 3 semillas por golpe, en el desahije se dejaron 2 plantas por golpe (figura 2.1).

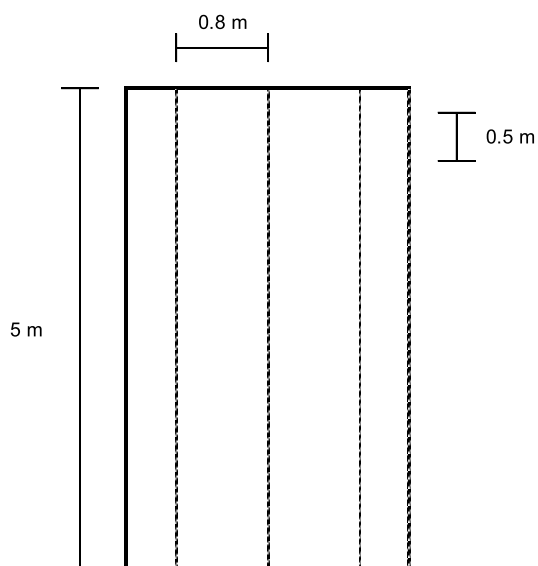


Figura 2.1. Esquema de la parcela experimental.

2.4. Campo de cultivo

La disposición del campo de cultivo se adecuó al sistema de riego por goteo. En la figura 2.2 se puede apreciar el esquema correspondiente.

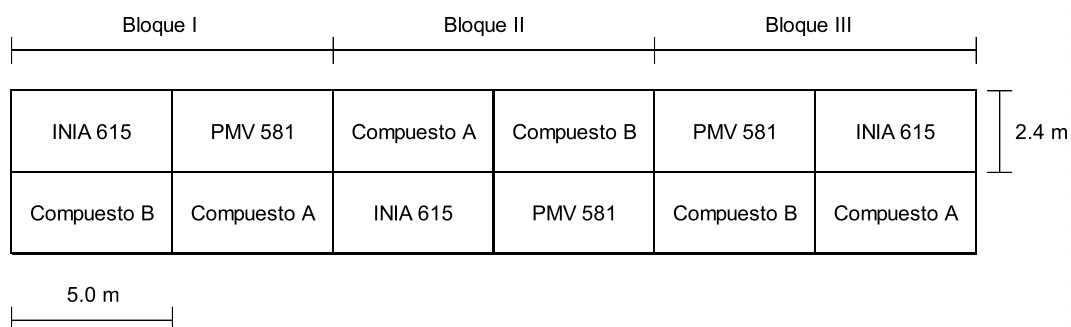


Figura 2.2. Esquema del campo de cultivo

2.5. Variables

Se evaluaron caracteres de la planta y productividad de mazorca. Los indicadores de caracteres de planta se expresaron en indicadores de altura de planta (cm) y altura de mazorca (cm). La productividad de mazorca se expresó en indicadores de dimensión y peso de la mazorca fisiológicamente madura en la posición más alta de una planta seleccionada. Las dimensiones que se tomaron fueron: longitud de mazorca (cm), diámetro de mazorca (cm) y peso de mazorca (g). El rendimiento es otro indicador de productividad, se expresa como el peso de mazorcas seca a 14 % de humedad por hectárea.

2.6. Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar, considerando 4 tratamientos (variedades de maíz) y 3 repeticiones (bloques).

2.7. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el análisis de variancia según el diseño experimental usado (tabla 2.1) y pruebas de Tukey para cada carácter (Steel y Torrie, 1985).

Tabla 2.1. Análisis de variancia de efectos fijos.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Fcalculado
Bloques	$r - 1$	SC bloques	CM bloques	$CM\ bloques / CM_{error}$
Variedades	$t - 1$	SC variedades	CM variedades	$CM\ variedades / CM_{error}$
Error	$(t - 1)(r - 1)$	SC error	CM error	
Total	$tr - 1$	SC total		

2.8. Análisis genético

El análisis genético se realizó mediante el análisis de variancia según el diseño experimental usado (tabla 2.2) (Steel y Torrie, 1985).

Tabla 2.2. Análisis de variancia de efectos aleatorios

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	Esperados Cuadrados Medios
Bloques	r - 1	SC bloques	CM <i>bloques</i>	$\sigma_e^2 + t\sigma_b^2$
Variedades	t - 1	SC variedades	CM variedades	$\sigma_e^2 + r\sigma_g^2$
Error	(t - 1)(r - 1)	SC error	CM error	σ_e^2
Total	tr - 1	SC total		

$$\sigma_e^2 = CM \text{ error}$$

Es la variancia del error

$$\sigma_g^2 = \frac{CM \text{ variedades} - CM \text{ error}}{r}$$

Es la variancia genética

$$\sigma_E^2 = \frac{\sigma_e^2}{r}$$

Es la variancia ambiental

$$\sigma_f^2 = \sigma_g^2 + \frac{\sigma_e^2}{r}$$

Es la variancia fenotípica

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_f^2}$$

Es la heredabilidad

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracteres de planta

Altura de planta

Tabla 3.1. Análisis de variancia de la altura de planta de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > Fc
Modelo	5	1990.2	398.0	2.28	0.1726
Bloque	2	960.2	480.1	2.75	0.1422
Variedad	3	1030.0	343.3	1.96	0.2208
Error	6	1048.5	174.8		
Total	11	3038.7			

CV (%) = 6.47

Promedio = 204.33

En el carácter altura de planta, a un nivel de significación de 5 % no se encontró diferencia significativa entre variedades [(Pr > Fc) = 0.2208], el coeficiente de variación fue de 6.47

%, lo que indica un adecuado control de factores no considerados en el estudio. El promedio general de la altura de planta fue de 204.33 cm (tabla 3.1).

Tabla 3.2. Prueba de Tukey de la altura de planta de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Variedad	n	Promedio	Tukey 0.05
Compuesto A	3	215.0	a
Compuesto B	3	211.3	a
PMV 581	3	199.0	a
INIA 615	3	192.0	a

DSM = 37.36

Los promedios individuales de cada variedad se pueden observarse en la tabla 3.2, las diferencias observadas se atribuyen a factores aleatorios y no al genotipo de las variedades, sin embargo, se encontró valores promedio de 192.0 a 215.0 para las variedades INIA 615 y Compuesto A respectivamente. En un programa de selección masal

recurrente Prado (2019) y Valenzuela (2015) encontraron valores de 272 y 240 cm para la variedad Compuesto A en los ciclos de selección primero y segundo respectivamente, estas diferencias entre los evaluados por Prado y Valenzuela respecto al presente estudio se atribuyen a efectos ambientales.

Altura de mazorca

Tabla 3.3. Análisis de variancia de la altura de mazorca de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > Fc
Modelo	5	1589.2	317.8	6.65	0.0195
Bloque	2	870.5	435.3	9.10	0.0152
Variedad	3	718.7	239.6	5.01	0.0450
Error	6	286.8	47.8		
Total	11	1876.0			

CV (%) = 5.91

Promedio = 117.00

En el carácter altura de mazorca, a un nivel de significación de 5 % se encontró diferencia significativa entre variedades [(Pr > Fc) = 0.0450], el coeficiente de variación fue de 5.91

%, lo que indica un adecuado control de factores no considerados en el estudio. El promedio general de la altura de mazorca fue de 117.00 cm (tabla 3.3).

Tabla 3.4. Prueba de Tukey y Duncan de la altura de mazorca de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Variedad	n	Promedio	Tukey 0.05	Duncan 0.05	
Compuesto A	3	125.3	a	a	
PMV 581	3	124.0	a	a	b
Compuesto B	3	110.7	a		b c
INIA 615	3	108.0	a		c

DSM = 19.54 (Tukey)

DSM_p = 13.81₂, 14.32₃, 14.57₄ (Duncan)

p es el rango de promedios

Las diferencias estadísticas que deben considerarse en el caso de la altura de mazorca se evalúan mejor con la prueba de Duncan, debido a que coinciden con el análisis de variancia, mientras que la prueba de Tukey no es concordante. Los promedios individuales de cada variedad se pueden observar en la tabla 3.4, las diferencias observadas se atribuyen al genotipo de las variedades, los valores extremos fueron de 108.0 cm para la variedad INIA

615 y de 125.3 cm para la variedad Compuesto A, se puede deducir que el Compuesto B se asemeja a INIA 615 y PMV 581 a Compuesto A. En un programa de selección masal recurrente, Valenzuela (2015) encontró un valor de 136 cm para la variedad Compuesto A en el segundo ciclo de selección, que fue ligeramente superior al Compuesto A del presente estudio.

3.2.Productividad de mazorca

Longitud de mazorca

Tabla 3.5. Análisis de variancia de la longitud de mazorca de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > Fc
Modelo	5	4.635	0.927	0.78	0.6009
Bloque	2	0.182	0.091	0.08	0.9277
Variedad	3	4.453	1.484	1.24	0.3743
Error	6	7.172	1.195		
Total	11	11.807			

CV (%) = 5.27

Promedio = 20.72

En el carácter longitud de mazorca, a un nivel de significación de 5 % no se encontró diferencia significativa entre variedades [(Pr > Fc) = 0.3743], el coeficiente de

variación fue de 5.27 %, lo que indica un adecuado control de factores no considerados en el estudio. El promedio general de la longitud de mazorca fue de 20.72 cm (tabla 3.5).

Tabla 3.6. Prueba de Tukey de la longitud de mazorca de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Variedad	n	Promedio	Tukey 0.05
Compuesto B	3	21.4	a
INIA 615	3	21.2	a
Compuesto A	3	20.5	a
PMV 581	3	19.9	a

DSM = 3.09

Los promedios individuales de cada variedad se pueden observarse en la tabla 3.6, las diferencias observadas se atribuyen a factores aleatorios y no al genotipo de las variedades, sin embargo, se encontró valores promedio de 19.9 a 21.4 para las variedades PMV 581 y Compuesto B respectivamente. En un programa de selección masal

recurrente varios tesisistas encontraron valores de 15.88 a 18.05 cm para la variedad Compuesto A en los ciclos de selección primero a sexto (Prado, 2019; Valenzuela, 2015; Quispe, 2019 y Quispe, 2017), estas diferencias entre los evaluados por los tesisistas respecto al presente estudio se atribuyen a efectos ambientales.

Diámetro de mazorca

Tabla 3.7. Análisis de variancia del diámetro de mazorca de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > Fc
Modelo	5	1.804	0.361	1.15	0.4281
Bloque	2	0.182	0.091	0.29	0.7588
Variedad	3	1.623	0.541	1.72	0.2614
Error	6	1.885	0.314		
Total	11	3.689			

CV (%) = 11.01

Promedio = 5.09

En el carácter diámetro de mazorca, a un nivel de significación de 5 % no se encontró diferencia significativa entre variedades [(Pr > Fc) = 0.2614], el coeficiente de

variación fue de 11.01 %, lo que indica un adecuado control de factores no considerados en el estudio. El promedio general de la longitud de mazorca fue de 5.09 cm (tabla 3.7).

Tabla 3.8. Prueba de Tukey del diámetro de mazorca de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Variedad	n	Promedio	Tukey 0.05
Compuesto B	3	5.4	a
INIA 615	3	5.3	a
Compuesto A	3	5.2	a
PMV 581	3	4.5	a

DSM = 1.58

Los promedios individuales de cada variedad se pueden observar en la tabla 3.8, las diferencias observadas se atribuyen a factores aleatorios y no al genotipo de las variedades, sin embargo, se encontró valores promedio de 4.5 a 5.4 para las variedades PMV 581 y Compuesto B respectivamente. En un programa de selección masal recurrente varios tesisistas encontraron valores de 3.9 a 4.7 cm

para la variedad Compuesto A en los ciclos de selección primero a sexto (Prado, 2019; Valenzuela, 2015; Quispe, 2019 y Quispe, 2017), valores parecidos respecto al presente estudio; por otra parte, Quispe (2019) en las variedades procedentes de Cajamarca INIA 601 y MM encontró valores de 4.2 y 4.1 cm respectivamente, valores que son similares al presente estudio.

Peso de mazorca

Tabla 3.9. Análisis de variancia del peso de mazorca de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > Fc
Modelo	5	2522.4	504.5	1.01	0.4835
Bloque	2	208.2	104.1	0.21	0.8170
Variedad	3	2314.3	771.4	1.55	0.2960
Error	6	2986.5	497.8		
Total	11	5508.9			

CV (%) = 12.90

Promedio = 172.92

En el carácter peso de mazorca, a un nivel de significación de 5 % no se encontró diferencia significativa entre variedades [(Pr > Fc) = 0.2960], el coeficiente de variación fue de 12.90

%, lo que indica un adecuado control de factores no considerados en el estudio. El promedio general del peso de mazorca fue de 172.92 g (tabla 3.9).

Tabla 3.10. Prueba de Tukey del peso de mazorca de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Variedad	n	Promedio	Tukey 0.05
Compuesto B	3	186.0	a
INIA 615	3	180.0	a
Compuesto A	3	176.0	a
PMV 581	3	149.7	a

DSM = 36.06

Los promedios individuales de cada variedad se pueden observar en la tabla 3.10, las diferencias observadas se atribuyen a factores aleatorios y no al genotipo de las variedades, sin embargo, se encontró valores promedio de 149.7 a 186.0 para las variedades PMV 581 y Compuesto B respectivamente. En un programa de selección masal recurrente varios tesisistas encontraron valores de 126.58 a

142.55 g para la variedad Compuesto A en los ciclos de selección primero a sexto (Prado, 2019; Valenzuela, 2015; Quispe, 2019 y Quispe), valores que están por debajo respecto al presente estudio, esta situación se puede atribuir a efectos ambientales y al hecho de que el Compuesto B y Compuesto A fueron seleccionados un ciclo más.

Rendimiento**Tabla 3.11.** Análisis de variancia del rendimiento de mazorca de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > Fc
Modelo	5	17678012	3535602	2.94	0.1111
Bloque	2	345257	172629	0.14	0.8693
Variedad	3	17332754	5777585	4.80	0.0491
Error	6	7223980	1203997		
Total	11	24901991			

CV (%) = 12.90

Promedio = 8507.77

En el carácter rendimiento, a un nivel de significación de 5 % se encontró diferencia significativa entre variedades [(Pr > Fc) = 0.0491], el coeficiente de variación fue de 12.90 %, lo

que indica un adecuado control de factores no considerados en el estudio. El promedio general del rendimiento fue de 8507.77 kg/ha (tabla 3.11).

Tabla 3.12. Prueba de Tukey del rendimiento de mazorca de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Variedad	n	Promedio	Tukey 0.05
INIA 615	3	9851.8	a
Compuesto A	3	9110.4	a b
Compuesto B	3	8459.9	a b
PMV 581	3	6608.9	b

DSM = 3101.4

Los promedios individuales de cada variedad se pueden observarse en la tabla 3.12, las diferencias observadas se atribuyen al genotipo de las variedades, en cuanto a su diferente prolificidad, se encontró valores promedio de 6608.9 a 9851.8 kg/ha para las variedades PMV 581 e INIA 615 respectivamente. En un programa de selección masal recurrente varios tesisistas encontraron valores de 8227.7 a 9265.6 kg/ha para la variedad Compuesto A en los ciclos de

selección primero a sexto (Prado, 2019; Valenzuela, 2015; Quispe, 2019 y Quispe, 2017), valores que están cercano a los mejores promedios del presente estudio, los mejores genotipos fueron INIA 615, Compuesto A y Compuesto B. Los mejores rendimientos a nivel nacional se dan en departamento de Lima, que llegó a un rendimiento de 6991 kg/ha en el año 2017 (MINAGRI, 2019)

3.3. Correlación entre caracteres**Tabla 3.13.** Correlación entre caracteres de crecimiento de planta y productividad de mazorca de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

	Altura de planta cm Y1	Altura de mazorca cm Y2	Longitud de mazorca cm Y3	Diámetro de mazorca cm Y4	Peso de mazorca g Y5	Rendimiento kg/ha Y6
Y1		0.650	0.341	0.548	0.528	0.138
Y2			-0.299	-0.050	-0.120	-0.251
Y3				0.784 **	0.851 **	0.598 *
Y4					0.983 **	0.800 **
Y5						0.776 **

El peso de mazorca esta correlacionado con alta significación estadística con la longitud de mazorca y el diámetro de mazorca, a su vez el rendimiento esta correlacionado significativamente con longitud de mazorca, diámetro de mazorca y peso de mazorca, se debe tener en cuenta que los

caracteres longitud de mazorca y diámetro de mazorca son visualmente apreciados en el momento de selección en campo y posteriormente la selección se realiza por peso de las mazorcas cosechadas, por lo que el hecho que estén altamente correlacionadas favorece al criterio de campo.

3.4. Componentes de variancia y heredabilidad

Tabla 3.14. Componentes de variancia y heredabilidad de caracteres de crecimiento de planta y productividad de mazorca de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Carácter		Variancia genética	Variancia ambiental	Variancia fenotípica	Heredabilidad
		σ_g^2	σ_e^2	σ_f^2	h^2
Altura de planta	cm	56.19	58.25	114.44	0.49
Altura de mazorca	cm	63.92	15.94	79.85	0.80
Longitud de mazorca	cm	0.10	0.40	0.49	0.19
Diámetro de mazorca	cm	0.08	0.10	0.18	0.42
Peso de mazorca	g	91.22	165.92	257.14	0.35
Rendimiento	kg/ha	1524529.39	401332.19	1925861.58	0.79

Según Sarsfield (1984), la heredabilidad es baja en el carácter longitud de mazorca ($h^2 = 0.19$), heredabilidad media en los caracteres altura de planta ($h^2 = 0.49$), diámetro de mazorca ($h^2 = 0.42$) y peso de mazorca ($h^2 = 0.35$) y heredabilidad alta en los caracteres altura de mazorca ($h^2 = 0.80$) y rendimiento ($h^2 = 0.79$). Por lo que puede recomendarse seleccionar para

altura de mazorca y rendimiento. Con el método de selección masal estratificada varios tesisistas encontraron valores de heredabilidad altos, superiores a 0.5 en los caracteres evaluados en el presente estudio (Prado, 2019; Valenzuela, 2015; Quispe, 2019 y Quispe, 2017).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dudley, J. W. and Moll R. H. (1969) Interpretation and Use of Estimates of Heritability and Genetics Variance in Plant Breeding. Crop Sci. 9.

Espinoza, J. (2016) Segundo ciclo de selección masal estratificada de un compuesto de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán a 2735 msnm, Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.

Espinoza, W. (2019) Cuarto ciclo de selección masal estratificada de un compuesto de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán a 2735 msnm, Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. Sin publicar.

Gardner, C. O. (1961) An evaluation of effects of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield of corn. Crop Sci. 1:241–5.

Gómez, M. (2017) Tercer ciclo de selección masal estratificada de un compuesto de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.

Mamani, D. (2017) Segundo ciclo de mejoramiento

poblacional de un compuesto de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.

Ministerio de Agricultura y Riego – Perú (MINAGRI). (2019) Series Históricas de Producción Agrícola – Compendio Estadístico. www.minagri.gob.pe/portal/sistemas-de-informacion. 24-01-19

Poelhman, J. M. y Allen. (2003) Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa. México.

Prado, J. (2019) Selección masal estratificada en maíz morado (*Zea mays* L.), en Canaán a 2735 msnm, Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. Sin publicar.

Quispe, S. (2017) Quinto ciclo de selección masal estratificada en maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. Quispe, Y. (2019) Selección masal estratificada en maíz morado (*Zea mays* L.) fase III. Canaán 2735 msnm, Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. Sin publicar.

Salinas, R. (2014) Mejoramiento poblacional de un compuesto de maíz morado (*Zea mays L.*). Canaan 2735 msnm, Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.

Salisbury, F. y C. Ross. (2000) Fisiología de las plantas 3. Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Editorial Paraninfo Thomson Learning. Madrid, España.

Stansfield, W. (1992) Genética. Tercera edición. Editorial MacGraw-Hill. México.

Steel, R. y J. Torrie. (1985) Bioestadística: Principios y procedimientos. Segunda edición. McGraw-Hill. México.

Valenzuela, Y. (2015) Selección masal estratificada en maíz morado (*Zea mays L.*) II etapa. Canaán 2735 msnm, Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.

NIVELES Y FINURA DE DIATOMITA EN PROPIEDADES QUÍMICAS DE SUELO ÁCIDO ALTOANDINO EN INVERNADERO - AYACUCHO

Marhleni Cerda Gómez

Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Agrarias
Programa de Investigación en Pastos y Ganadería - Área de Investigación en Suelos
E-mail: Marhleni.cerda@unsch.edu.pe

RESUMEN

La diatomita o “Quicato”, existe como fuente natural de sílice en Ayacucho, caracterizado por su elevado contenido de silicio y muy poco contaminante, se torna interesante usarlo en agricultura, debido a los múltiples beneficios que actualmente se atribuye al silicio, pues es considerado nutriente benéfico o “protector”. Sin embargo la diatomita posee elevada porosidad y superficie específica por lo cual se relaciona con la capacidad tanto de almacenar agua como de intercambiar cationes, esta última propiedad podría influir en la eficiencia de uso de nutrientes, abonos aplicados, pH del suelo, etc. Se experimentó en condiciones de laboratorio la aplicación de dosis de diatomita (0, 500, 750, 1000 kg.ha-1) de dos grados de finura (30 y 60 mesh) en dos suelos ácidos altoandinos (Chiara y Quinua) a fin de evaluar sus efectos sobre el pH, fósforo disponible, capacidad de intercambio (CIC) y cationes cambiabiles. Luego de incubar manteniendo a capacidad de campo los suelos durante seis meses, se encontró que los tratamientos no muestran diferencias significativas en el pH, sodio, capacidad de intercambio de cationes, calcio, magnesio y potasio cambiabiles, sin embargo los tres últimos parámetros muestran ligera superioridad numérica con 750 -1000 kg.ha-1 de diatomita de 30 mesh en ambos suelos. El fósforo disponible aumentó significativamente (26.79%) respecto al testigo, con 1000 kg.ha-1 de diatomita (30 mesh) en Chiara e igual dosis en Quinua con aumentos de 28.31 a 43.15% usando diatomita de 30 y 60 mesh, respectivamente.

Palabras clave: Diatomita, grado de finura, pH, CIC, fósforo disponible.

DIATOMITE LEVELS AND FINESSE IN CHEMICAL PROPERTIES OF HIGH ANDEAN ACID SOIL IN GREENHOUSE – AYACUCHO

ABSTRATC

The diatomite or "Quicato", exists as a natural source of silica in Ayacucho, characterized by its high content of silicon and very little pollutant, becomes interesting to use in agriculture, due to the multiple benefits currently attributed to silicon, as it is considered a beneficial nutrient or "protective". However, the diatomite has high porosity and specific surface so it is related to the ability to both store water and exchange cations, the latter property could influence the efficiency of nutrient use, fertilizers applied, soil pH, etc. The application of diatomite doses (0, 500, 750, 1000 kg.ha-1) of two degrees of finesse (30 and 60 mesh) in two high Andean acid soils (Chiara and Quinua) was experimented under laboratory conditions in order to evaluate their effects on pH, available phosphorus, exchange capacity (EC) and changeable cations. After incubating the soils at field capacity for six months, it was found that the treatments do not show significant differences in pH, sodium, cation exchange capacity, calcium, magnesium and potassium exchangeable, however the last three parameters show slight numerical superiority with 750 -1000 kg.ha-1 of 30 mesh diatomite in both soils. Available phosphorus increased significantly (26.79%) with respect to the control, with 1000 kg.ha-1 of diatomite (30 mesh) in Chiara and the same dose in Quinua with increases from 28.31 to 43.15% using 30 and 60 mesh diatomite, respectively.

Keywords: Diatomite, degree of finesse, pH, EC, available phosphorus.

INTRODUCCIÓN

Los suelos son la base de todo sistema productivo, muestran múltiples características variables y en general poseen carencias naturales marcadas de fósforo, sobre todo en suelo ácido o alcalino, donde además las fuentes aplicadas son afectadas por mecanismos de fijación físico química, provocando menor eficiencia de fuentes solubles, por ende menor disponibilidad de este macronutriente. De este modo permanentemente como parte del manejo, los suelos reciben abonos orgánicos e inorgánicos o encalantes, acidificantes y mejorar algunas propiedades edáficas, con el objetivo de obtener incrementos en los rendimientos. En esta búsqueda incesante de mejora de la productividad, actualmente se da mucha importancia al uso de silicio, con varios beneficios sobre la planta como lo refieren Matychenkov, (2008) y

Snyder et al. (2006). Una fuente importante de sílice es la diatomita, cuyo uso se investiga no solamente en las plantas -al contener sílice amorfo- también por su efecto en el suelo, dado que influye en la capacidad de almacenamiento de agua -al poseer mayor porosidad-, sobre la capacidad de intercambio catiónico -al poseer elevada superficie específica- y por esa misma razón influye -sobre todo en suelo ácido- en la mayor eficiencia del abono fosfatado; se atribuye al silicio un efecto mejorador de pH del suelo fundamentalmente en suelo ácido degradado y en consecuencia en la disponibilidad de otros nutrientes. Ayacucho, cuenta con esta fuente natural de sílice comúnmente denominado “Quicato” en la zona de “Quicapata” y “Tambillo”, los que a decir de Verdeja et al.

(1992) y Ramírez, (2012), poseen elevado contenido de silicio y muy poco contaminante; dichos estudios no obstante, fueron orientados hacia las posibilidades de emplear como filtros, pintura, etc. Sin embargo, dada la pureza, el uso de este recurso en la actividad agrícola podría ser factible, tal como en otras latitudes del mundo se va comprobando diversas fuentes de sílice natural, con efectos positivos. En tal sentido, se propuso investigar el uso agrícola de diatomita en condiciones de laboratorio, aplicando diferentes niveles y grados de finura a dos suelos ácidos altoandinos de Ayacucho, para evaluar sus efectos sobre las características químicas como la reacción del suelo, capacidad de intercambio catiónico, contenidos de calcio, magnesio, potasio, sodio cambiables y fósforo disponible.

MATERIAL Y MÉTODOS

Materiales

Se recolectaron, prepararon y analizaron dos suelos de la zona altoandina de Chiara y Quinua de la provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho. En cada suelo se incubó en condiciones de laboratorio, 21 macetas de dos kg de capacidad, durante seis meses conteniendo niveles crecientes de diatomita (0, 500, 750, 1000 kg.ha⁻¹) de dos grados de finura (30 y 60 mesh). Durante este período se mantuvo la humedad del suelo a capacidad de campo. Se analizaron en 42 muestras de suelos el pH, CIC, P disponible, calcio, magnesio, potasio y sodio cambiables. Los datos fueron evaluados a través del análisis de varianza, pruebas de contraste de Duncan, haciendo uso del programa Infostat.

Métodos

El análisis de la caracterización de suelos se realizó con protocolos de acuerdo a las normas de levantamiento de suelos. La determinación de la capacidad de intercambio de cationes se realizó con acetato de amonio 1N pH 7. Las determinaciones de cationes cambiables se realizaron por absorción atómica y el fósforo disponible por Olsen modificado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Características de los suelos

El análisis de caracterización de suelos (cuadro 3.1) muestra la naturaleza ácida de ambos suelos, valorados como muy fuertemente ácidos, libres de sales y carbonatos; de muy elevado contenido de materia orgánica, se trata de suelos orgánicos; el fósforo disponible es muy bajo (menor a 3.1 ppm); el potasio es medio en el suelo de Chiara y bajo en Quinua, con una CIC total medio a alto, en ambos suelos debido al contenido de materia orgánica. La acidez cambiante es muy alta en el suelo de Quinua con un porcentaje de saturación de aluminio e hidrógeno de 72.90. Los contenidos muy bajos de calcio, magnesio, potasio y sodio intercambiables es propio de las zonas altoandinas, debido al material parental tipo volcánico andesítico y/o riódacítico que da origen a estos suelos, además de las elevadas precipitaciones en ambas zonas.

Tabla 1. Características físicas y químicas de los suelos altoandinos.

Característica	Chiara	Quinua
pH (1:1)	4.72	4.03
C.E (dS.m ⁻¹)	0.03	0.07
CO ₃ (%)	0.00	0.00
Nt (%)	0.88	0.63
MO (%)	18.00	13.99
P (ppm)	2.62	3.10
K (ppm)	91	42
Clase textural	orgánico	orgánico
CIC (meq/100g)	23.09	23.04
Ca (meq/100g)	2.12	0.65
Mg (meq/100g)	0.36	0.22
K (meq/100g)	0.33	0.11
Na (meq/100g)	0.15	0.12
Al+H (meq/100g)	0.28	2.96

Fuente: Laboratorio de análisis Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes MULTISERVICIOS AGROLAB.

Debido a sus características intrínsecas, los suelos altoandinos poseen la condición de baja disponibilidad de nutrientes como el fósforo, calcio, magnesio, dado que desde el material parental puede no contener mucho, además de encontrarse en proceso de evolución, que debido al clima suele ser muy lento.

2. Efecto en el pH del suelo

La aplicación de diatomita en dosis de 500 a 1000 kg.ha⁻¹ y de ambos grados de finura (30 y 60 mesh de diámetro) no muestra diferencia estadística significativa en su efecto sobre el pH de los suelos, todos se mantienen en la condición de fuertemente ácido (Gráfica 1).

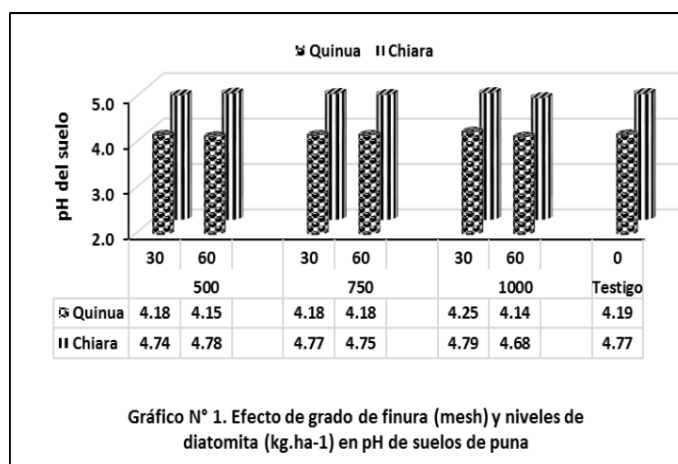


Gráfico N° 1. Efecto de grado de finura (mesh) y niveles de diatomita (kg.ha⁻¹) en pH de suelos de puna

Nuestros resultados difieren de los de Prakash et al. (2016), quienes encuentran que sube el pH del suelo mineral con 0.91% de materia orgánica, al emplear 300 kg.ha-1 de diatomita. De igual manera Kumar et al. (2016), refiere a Liang et al. (2007) y Accioly et al. (2009), con las mismas respuestas, al usar una fuente de sílice 400 kg.ha-1. En nuestro caso no es tan evidente, solo una ligera diferencia en el suelo de Quinua con el aporte de 1000 kg.ha-1 de diatomita de 30 mesh de diámetro, probablemente debido al elevado contenido de materia orgánica, que actúa como tampón y evita el incremento del pH, naturalmente no se espera que se comporte como una enmienda alcalina, la subida del pH, obedece a la reacción que el silicio provoca con el Al, Fe, presentes en el suelo, por ello la importancia que tiene esta aplicación, en vista de que disminuiría la toxicidad del Al y Fe; así como también favorecería a la liberación de los fosfatos con estos elementos o simplemente favorecería a la eficiencia de uso de los abonos fosfatados en los suelos ácidos.

3. Efecto en el fósforo disponible

El contenido de fósforo (P) disponible muestra diferencia significativa en el suelo de Chiara y en el de Quinua altamente significativa, indicando las diferencias existentes en los efectos de las dosis de diatomita aplicada en ambos grados de finura, así los gráficos N° 2 y 3, de la prueba de contraste Duncan al nivel (0.05), muestra que la aplicación de 1000 kg.ha-1 de diatomita de 30 mesh de diámetro permitió mayor contenido de fósforo disponible en 26.79% respecto al testigo en el suelo de Chiara. En tanto que en el suelo de Quinua, la misma dosis (1000 kg.ha-1) de diatomita pero de 60 mesh, incrementó en 43.15% el fósforo disponible respecto al testigo, sin diferenciarse de la diatomita más gruesa, que aumentó 28.31% (30 mesh), ocupando los primeros lugares en relación a las otras dosis empleadas. En este último suelo la disponibilidad del fósforo probablemente esté muy ligada al aluminio cambiante, dado que la acidez cambiante alcanza el 72.90%. Al respecto Kumar et al. (2016), refieren a Lima-Filho et al. (1999) quienes revelan que la aplicación de silicato al suelo, permiten reacciones químicas con el calcio, aluminio y hierro ligados a los fosfatos, formando sus propios silicatos, consecuentemente los fosfatos ligados a estos elementos son desprendidos como iones a la solución del suelo. De otro lado el mismo autor señala que además de estas reacciones de intercambio de fosfato, el anión silicato puede desplazar al anión fosfato de los sitios de adsorción de óxidos, o pueden ocuparlos preferencialmente, en consecuencia el fosfato está disponible.

Tabla 2. Análisis funcional de la varianza de fósforo disponible, por efecto de dosis de diatomita de dos grados de finura, en suelo de Chiara.

	GL	SC	CM	Fc
Tratamiento	6	4.8205	0.8034	3.44*
Error	14	3.2739	0.2339	
Total	20	8.0945		

CV = 9.35

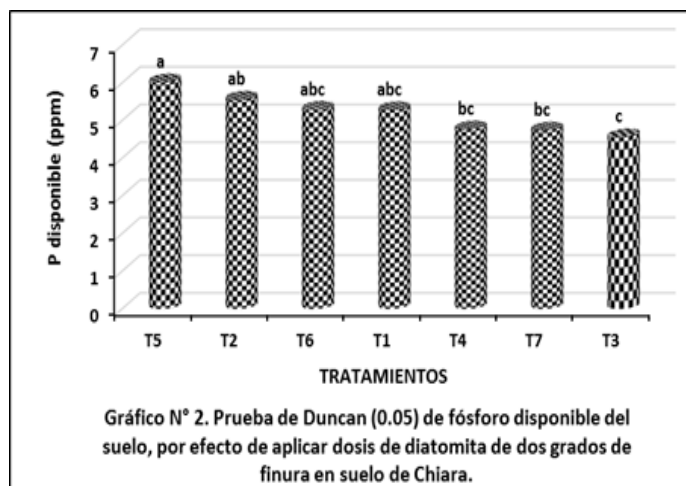
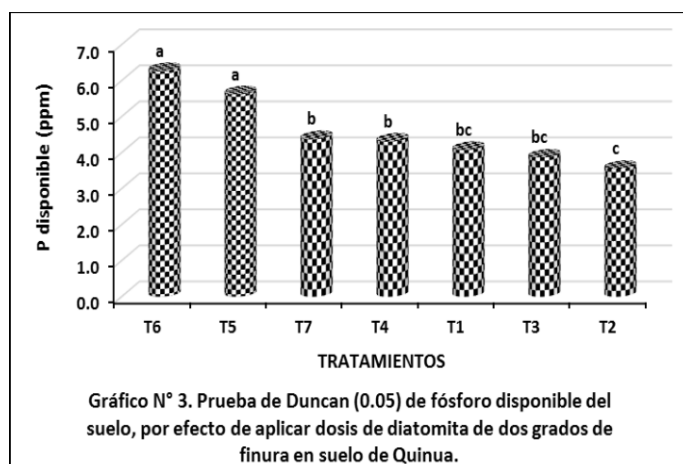


Tabla 3. Análisis funcional de la varianza de fósforo disponible, por efecto de dosis de diatomita de dos grados de finura, en suelo de Quinua.

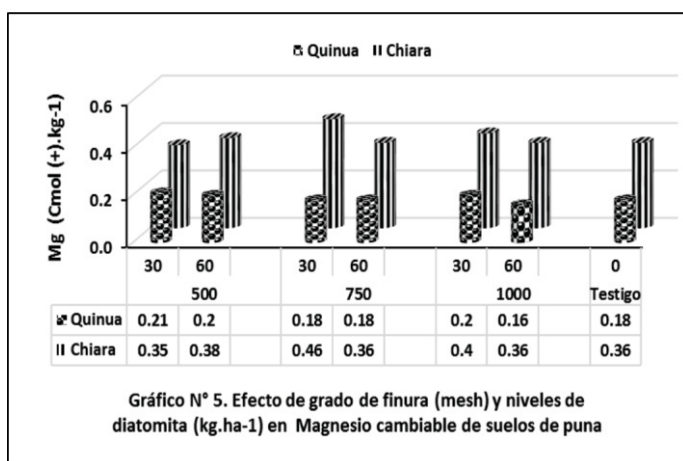
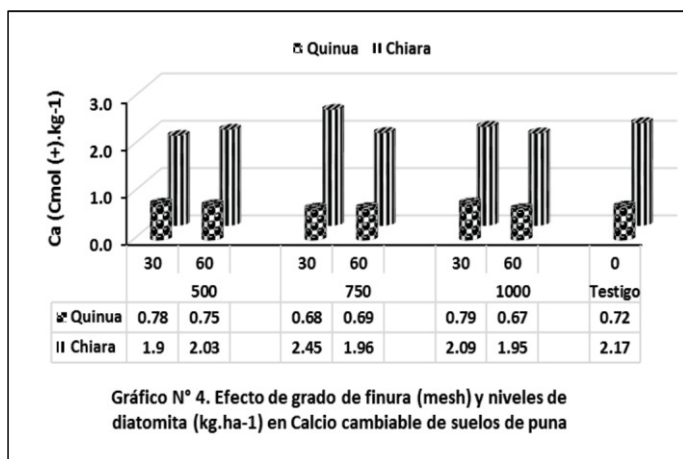
	GL	SC	CM	Fc
Tratamiento	6	17.647	2.9412	20.52**
Error	14	2.0064	0.1433	
Total	20	19.6534		

CV= 8.26

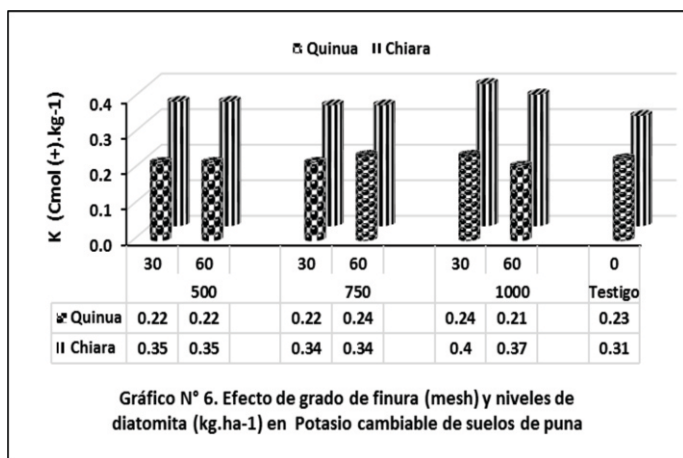


4. Efecto en los cationes intercambiables (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ y Na⁺)

Los niveles de cationes cambiabiles (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ y Na⁺), no muestran diferencia significativa por efecto de la aplicación de diatomita. No obstante existen diferencias numéricas así, en el suelo de Chiara (Gráficas N° 4 y 5), el aporte de 750 kg.ha-1 de diatomita de 30 mesh incrementa en 12.90 y 27.77% los contenidos de calcio y magnesio, respectivamente. En el suelo de Quinua, los incrementos del orden de 9.72 y 11.11% se producen con la mayor dosis de diatomita (1000 kg.ha-1; 30 mesh). Similar resultado encontró Anitha (2015), al aplicar 750 kg.ha-1 de diatomita en suelo ácido. Probablemente la diatomita sea capaz de almacenar cationes divalentes en su superficie en vista de que para el intercambio de los iones, existen adsorciones de fuerzas electrostáticas fuertes y débiles que tiene su significado físico, por sus parámetros dinámicos y termodinámicos importantes en el intercambio de cationes (Rui, 2011).



En el caso del potasio intercambiable el comportamiento es similar al de calcio y magnesio, sin efecto estadísticamente diferente, no obstante se observa en el gráfico N° 6, para el suelo de Chiara, un ligero aumento de K equivalente a 25.80%, respecto del testigo, cuando se aplica alta dosis de diatomita de 30 mesh. Al respecto Lima Filho et al. (1999), mencionado por Kumar et al. (2016), afirman que los silicatos presentes poseen buenas propiedades de adsorción y promueve la disminución de lixiviación de K y otros nutrientes móviles desde la superficie del suelo.



En cuanto al sodio cambiante, igualmente no existe diferencia significativa entre tratamientos, inclusive los contenidos son muy similares en ambos suelos.

5. Efecto en la capacidad de intercambio de cationes.

No se encontró efecto estadístico significativo entre tratamientos al evaluar la capacidad de intercambio de cationes en ambos suelos, los niveles de CIC varían en rangos muy estrechos entre sí.

Se concluye que aplicar hasta 1000 kg.ha-1 de diatomita de 30 y 60 mesh a dos suelos ácidos altoandinos, no muestran efecto significativo en el pH, sodio, capacidad de intercambio de cationes, calcio, magnesio, potasio cambiables, sin embargo en los tres últimos parámetros, se observa diferencia numérica superior al aplicar 750 y 1000 kg.ha-1 de diatomita de 30 mesh en suelo de Chiara y Quinua, respectivamente. El fósforo disponible aumenta significativamente en 26.79% con la dosis de 1000 kg.ha-1 de diatomita de 30 mesh en Chiara; igual nivel en Quinua, los incrementos altamente significativos fueron de 28.31 a 43.15% respecto al testigo, con los diámetros de 30 y 60 mesh, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anitha, M.S. (2015). *Evaluation of different diatomite compounds on soil properties, growth and yield of aerobic rice*. Thesis Doctor of Philosophy in soil science and agricultural chemistry. University of Agricultural Science, Bengaluru. India.
- Brady, N. y Weil, R. (2005). *The nature and properties of soils*. 14 ed. Columbus, Ohio. Pearson Prentice hall.
- Bustamante, J., (1998). *Geología, evaluación comparativa y cuantificación de reservas de los depósitos de diatomitas en la región de Arequipa*. Tesis Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de San Agustín. Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, Arequipa.
- Datnoff, L. E., Rodríguez F. Á., Seebold, K. W. (2007). *Silicon and Plant Disease*. In: Datnoff, L., Elmer, E., Huber, D. editors. *Mineral Nutrition and Plant Disease: The American Phytopathological Society*. pp. 233-246.
- Exley, C. y Birchall, J. (1992). *Hydroxyaluminosilicate formation in solutions of low total aluminum concentration*. Polyhedron 11(15), 1901-1907.
- Gasho, G. J. (2001). *Silicon sources for agriculture*. In: Datnoff L, Snyder G, Korndorfer G, editors. *Silicon in Agriculture*. Amsterdam: Elsevier. p 197-208.
- Heathera, C. y Carolec, P. (2007). *Silica in plants: Biological, Biochemical and Chemical Studies*. Annals of Botany 100, 1383-1389.
- Hodson, M. y Evans, D. (1995). *Aluminium/silicon interactions in higher plants*. Journal of Experimental Botany. 46, 161-171.
- Khraisheh, M.A.M., Al-degs, Y.S., y Mcminn, W.A.M. (2004). *Remediation of wastewater containing heavy metals using raw and modified diatomite*. Chemical Engineering Journal. 99, 177-184.
- Kumar, T. D., Pratap, S.V., Ahmed, P., Kumar, Ch. D. y Mohan, P.S. (2016). *Silicon in plants: Advances and future*

prospects. CRS Press.

Lorenz, W. y Gwosdz, W. (2004). *Manual para la evaluación geológica-técnica de recursos minerales de construcción*. Hannover: Schweizerbart'sche.

Ma, J., Takahashi, E. (2002). *Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan*. Amsterdam: Elsevier. p 281.

Madeira, M., Auxtero, E. y Sousa, E. (2005). *Cation and anion exchange properties of Andisols from the Azores, Portugal, as determined by the compulsive exchange and the ammonium acetate methods*. Geoderma 117, 225–241.

Manrique, L.A., Jones, C.A., Dyke, P.T. (1991). *Predicting cation exchange capacity from soil physical and chemical properties*. Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 787–794.

Matichenkov, V., Bocharnikova, E. (2001). *The relationship between silicon and soil physical and chemical properties*. In: Datnoff LE, Snyder GH, Korndorfer GH, editors. *Silicon in Agriculture*. Amsterdam: Elsevier. p 209-219.

Matychenkov, V. (2008). *Silicon containing a mixture for the activation of the plant natural protection mechanisms against stresses*. Patent Application Publication. United States.

Mitani, N., y Ma, J. F. (2005). *Uptake system of silicon in different plant species*. J. Exp. Bot. 56, 1255–1261.

Porta, J., López, M. y Roquero, C. (2003). *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España.

Prakash, N.B., Anitha, M.S. y Sandhya, K. (2016). *Behaviour of different levels and grades of diatomite as silicon source in acidic and alkaline soils*. Departament of soil science and agricultural chemistry, UAS, GKVK, Bengaluru, 560065, India.

Ramírez, J. F. (2012). *Evaluación geológica de diatomitas en la Cuenca Ayacucho y sus implicancias económicas*. Tesis Ingeniero geólogo. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima-Perú.

Round, F.E., Crawford, R.M. y Mann, D.G. (1990). *Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge University Press, p- 747.

Rui, L. (2011). *Kinetics of cation adsorption on charged soil mineral as strong electrostatic force presence or absence. Sec 2. Global Change, Environ Risk Assess sustainable land use*. J. Soils Sediments. 11, 53-61.

Schindler, P. W., Furst, B., Dick, R., y Wolf, P. U. (1976). *Ligand properties of surface silanol groups. I. Surface complex formation with Fe³⁺, Cu²⁺, and Pb²⁺*. J. Colloid interface Sci. 55, 469-475.

Snyder, G., Matychenkov, V., Datnoff, E. (2006). *Silicon In: Handbook of plant Nutrition*. Massachusett University, p 551-568.

Vassileva, M., Vassilev, N. y Azcór. (1998). *Rock phosphate solubilization by Aspergillus niger on olivecake-based medium and its further application in soil- plant system*. W J Microb Biotech, 14: 281-284.

Verdeja, L., Vásquez, E., Barranzuela, J. (1993). *Materias primas minerales no metálicas: las diatomitas en el Perú*. Minería, N° 220-221, Febrero 1993, p. 8-17.

Wu, J., Yang, Y.S., Lin, J. (2005). *Advanced tertiary treatment of municipal wastewater using raw and modified diatomite*. Journal of Hazardous Materials B127, 196–203.

COINOCULACIÓN DE *Rhizobium* Y *Bacillus* EN EL CRECIMIENTO DE *Phaseolus vulgaris* y *Pisum sativum*, EN INVERNADERO, 2018

Nery Santillana Villanueva

Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Agrarias
Programa de Investigación en Pastos y Ganadería - Área de Rhizobiología
E-mail: nery.santillana@unsch.edu.pe

RESUMEN

La tecnología de la coinoculación en leguminosas es ventajosa porque proporciona mayor fijación biológica del nitrógeno y mayor capacidad de absorción de nutrientes mejorando el crecimiento y estado nutricional de las plantas. La presente investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto de la coinoculación de *Rhizobium* y *Bacillus* en el crecimiento y nodulación de *Phaseolus vulgaris* y *Pisum sativum*, en condiciones de invernadero. Los tratamientos fueron los siguientes: T1= Coinoculación *Rhizobium* + *Bacillus*, T2= Inoculación *Rhizobium*, T3= Inoculación *Bacillus*, T4= Fertilización química, T5= control. El experimento se condujo en el diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento. Se utilizó semillas de frijol de la variedad canario y semillas de arveja de la variedad verde común, las que fueron sembradas en suelo de Pampa del Arco contenidos en maceteros de 1 kg de capacidad. Los resultados obtenidos determinaron que el tratamiento *Rhizobium* + *Bacillus* incrementó, con diferencias estadísticas, el peso de la materia seca de la parte aérea en frijol y no así, en arveja. La co inoculación *Rhizobium* + *Bacillus* no incrementó el desarrollo del sistema radicular del frijol tampoco de la arveja, la nodulación en plantas de frijol y arveja coinoculadas con *Rhizobium* + *Bacillus* fue similar al tratamiento sólo con *Rhizobium*. Se ha demostrado que la coinoculación *Rhizobium* + *Bacillus* podría mejorar el crecimiento de las leguminosas por lo que se recomienda continuar investigando en diferentes variedades, como una estrategia para optimizar la producción de leguminosas en un sistema sostenible.

Palabras clave: Coinoculación, crecimiento, nodulación, frijol, arveja.

COINOCULATION OF *Rhizobium* and *Bacillus* IN THE GROWTH OF *Phaseolus vulgaris* and *Pisum sativum*, IN GREENHOUSE, 2018

ABSTRAT

Coinoculation technology in legumes is advantageous because it provides greater biological fixation of nitrogen and greater capacity for absorption of nutrients improving the growth and nutritional status of plants. The present investigation was developed with the aim of evaluating the effect of the coinoculation of *Rhizobium* and *Bacillus* on the growth of *Phaseolus vulgaris* and *Pisum sativum*, under greenhouse conditions. The treatments were the following: T1 = *Rhizobium* + *Bacillus* coinoculation, T2 = *Rhizobium* inoculation, T3 = *Bacillus* inoculation, T4 = Chemical fertilization, T5 = control. The experiment was conducted in the completely randomized design with three repetitions per treatment. Bean seeds of the Canarian variety and pea seeds of the common green variety were used, which were sown in soil of Pampa del Arco contained in pots of 1 kg of capacity. The results obtained determined that the *Rhizobium* + *Bacillus* treatment increased, with statistical differences, the weight of the dry matter of the aerial part in beans and not, in peas. The *Rhizobium* + *Bacillus* co-inoculation did not increase the development of the bean root system either of the pea, the nodulation in coinoculated bean and pea plants with *Rhizobium* + *Bacillus* was similar to the *Rhizobium*-only treatment. It has been shown that *Rhizobium* + *Bacillus* coinoculation could improve the growth of legumes so it is recommended to continue investigating different varieties of legumes, as it could be a strategy to improve the production of legumes in a sustainable system.

Key words: Co-inoculation, growth, nodulation, pea beans.

INTRODUCCIÓN

La simbiosis leguminosa – rizobio es conocida por los múltiples beneficios que brinda a la planta y al ambiente por lo que el uso de biofertilizantes a base de estas bacterias es una práctica que se utiliza desde hace mucho tiempo (Peix et al. 2015, Mayz-Figueroa 2004). La necesidad de producir alimentos en mayor cantidad y de mejor calidad ha hecho de que se busquen otras alternativas, siendo la coinoculación una práctica que en algunos países como Brasil se viene utilizando para mejorar la producción de soya (EMBRAPA, 2014).

La coinoculación de leguminosas se puede realizar utilizando el rizobio y otras bacterias de vida libre como *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus* u otras bacterias con características promotoras de crecimiento vegetal (Obando 2012, Yadav y Verma 2014), por lo que se ha planteado realizar la presente investigación con la finalidad de utilizar bacterias del género *Bacillus* aisladas de pasturas alto andinas de Ayacucho. Padda et al. (2017) indican que las bacterias del género *Bacillus* son microorganismos de importancia agrícola por su capacidad de promover el crecimiento de las plantas. Además de ser consideradas como un potente agente de control biológico, también son ampliamente conocidas por su capacidad para fijar nitrógeno

atmosférico, solubilizar fosfato y producir fitohormonas; por lo tanto, podrían usarse como biofertilizantes efectivos en la agricultura.

La presente investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto de la coinoculación de *Rhizobium* y *Bacillus* en el crecimiento y nodulación de *Phaseolus vulgaris* y *Pisum sativum*, en condiciones de invernadero. Se ha demostrado que la coinoculación *Rhizobium* + *Bacillus* podría mejorar el crecimiento de las plantas de frijol y arveja por lo que se recomienda continuar investigando en diferentes variedades de leguminosas, considerando que la presente investigación es la primera que se realiza con la técnica de coinoculación.

MATERIAL Y MÉTODOS

- Área de ubicación del estudio

La investigación se realizó en el laboratorio de Rhizobiología del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga ubicado en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. Geográficamente está ubicado a 74°13'18" de longitud oeste y a 13° 08'38" de latitud sur, a una altitud de 2750 msnm.

- Material biológico

Cepas de *Rhizobium* y *Bacillus*
Semillas de frijol variedad Canario y arveja variedad Verde común

- Tratamientos

T1= Control
T2= Fertilización química
T3= Inoculación *Rhizobium*
T4= Inoculación *Bacillus*
T5= Coinoculación *Rhizobium* + *Bacillus*

- Diseño Experimental

El ensayo fue conducido en el diseño Completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento

- Instalación de ensayos

• Preparación de macetas

Se utilizó suelo de Pampa del Arco. El suelo fue colocado en maceteros de 1 kg de capacidad, abonado e inoculado de acuerdo a los tratamientos. Los tratamientos inoculados fueron abonados con materia orgánica y superfosfato triple (120 P2O5), para la fertilización química se utilizó 60-120-0 de NPK. El tratamiento control fue abonado con solamente superfosfato triple.

• Siembra

La siembra se realizó utilizando 2 semillas por maceta, luego del desahije se dejó una planta por maceta.

• Inoculación

La inoculación se realizó utilizando 1 mL de la solución bacteriana por planta.

• Conducción del experimento

Se realizó riegos de acuerdo a la necesidad de la planta.

• Evaluación

La evaluación se realizó al inicio de floración, considerando las siguientes variables:

- Materia seca de la parte aérea y radicular

Se cortó la parte aérea de la planta, se dejó secar en estufa a 60°C luego se procedió al pesado, de igual manera se procedió con la parte radicular.

- Nodulación

Se realizó el recuento de los nódulos, de cada una de las plantas.

Los nódulos fueron extraídos de la planta, secados a 60°C y pesados para obtener la masa nodular.

- Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de cada parámetro fueron sometidos al análisis de variancia y las diferencias significativas entre medias se analizaron por la prueba de Tukey utilizando el programa estadístico MINITAB versión 16.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Efecto de la co-inoculación *Rhizobium* – *Bacillus* en el crecimiento y nodulación de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad Canario.

El análisis de variancia de las variables evaluadas (materia seca de la parte aérea, de la raíz, de los nódulos y el número de nódulos) en plantas de frijol indicó diferencias altamente significativas entre tratamientos por lo que se procedió a realizar la prueba de significación de Tukey (0.05).

La prueba de Tukey de la materia seca de la parte aérea de frijol determinó que el tratamiento *Rhizobium* + *Bacillus* superó con diferencias significativas al resto de tratamientos. Asimismo, los tratamientos Fertilización química y *Rhizobium* superaron con diferencias significativas a los tratamientos control y *Bacillus* lo que indica el efecto positivo de los tratamientos mencionados.

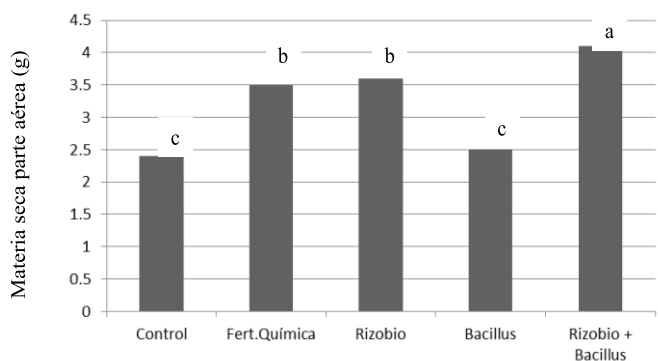


Figura 1. Prueba de Tukey (0.05) de la materia seca de la parte aérea de plantas de frijol inoculadas con *Rhizobium* y *Bacillus*.

La prueba de Tukey de la materia seca de la raíz (Figura 2) mostró diferencias significativas entre los tratamientos

evaluados, siendo la fertilización química el mejor tratamiento, seguido de los tratamientos *Rhizobium* + *Bacillus*, *Rhizobium*, control y *Bacillus*. Los resultados obtenidos indican que la presencia de fertilizante químico disponible para la planta estimula el crecimiento radicular de las plantas de frijol, sin embargo, no corresponde al mayor desarrollo de la parte aérea, relación que sí se puede observar en el caso de los tratamientos *Rhizobium* + *Bacillus* y *Rhizobium*.

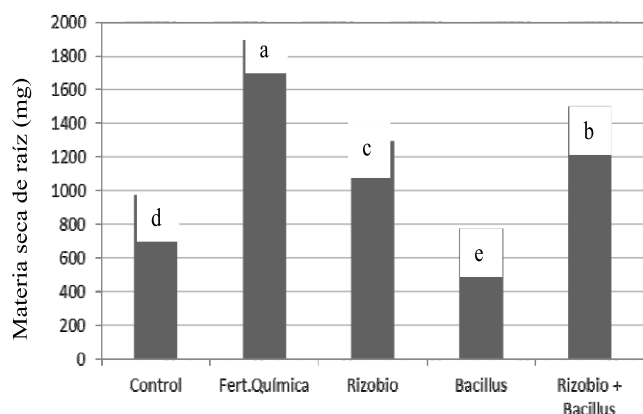


Figura 2. Prueba de Tukey (0.05) de la materia seca radicular de plantas de frijol inoculadas con *Rhizobium* y *Bacillus*.

La prueba de Tukey del número de nódulos (Figura 3) determinó que los tratamientos *Rhizobium* y *Rhizobium* + *Bacillus* superaron con diferencias significativas al resto de tratamientos, resultados que también fueron evidenciados en el desarrollo de la parte aérea.

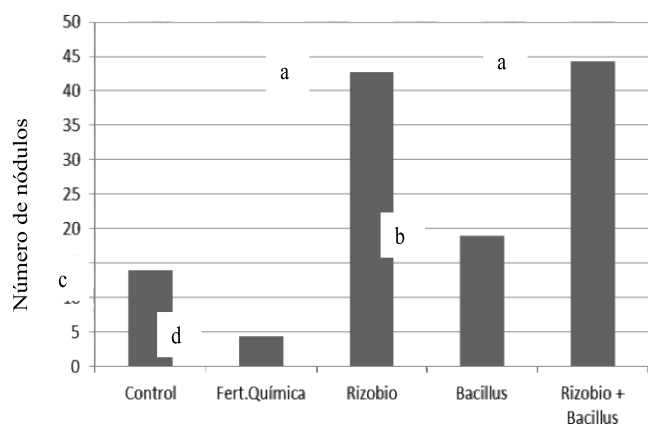


Figura 3. Prueba de Tukey (0.05) del número de nódulos de plantas de frijol inoculadas con *Rhizobium* y *Bacillus*.

La prueba de Tukey de la materia seca de los nódulos (Figura 4) comprobó que el tratamiento *Rhizobium* presentó la mayor masa seca de nódulos seguido del tratamiento *Rhizobium* + *Bacillus*, dichos tratamientos superaron con diferencias significativas al resto de tratamientos.

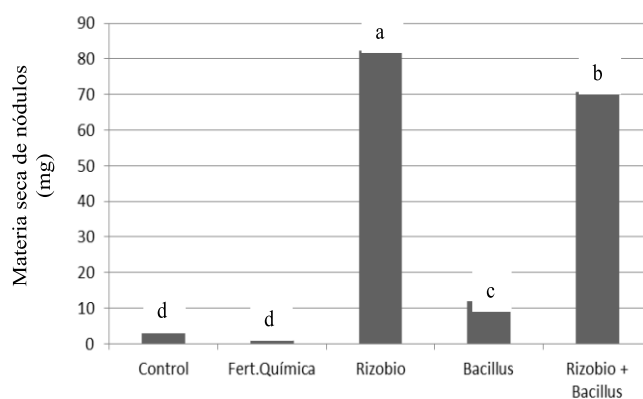


Figura 4. Prueba de Tukey (0.05) de la materia seca de nódulos de plantas de frijol inoculadas con *Rhizobium* y *Bacillus*.

En la Figura 5 se presenta el conglomerado de las variables evaluadas en cada uno de los tratamientos. Se determinó que los tratamientos *Rhizobium* + *Bacillus* y *Rhizobium* superaron al resto de tratamientos incluido la Fertilización química, lo que indica el efecto positivo de la inoculación, en este caso también se observa el incremento de la masa de la materia seca de la parte aérea con la co inoculación *Rhizobium* + *Bacillus* que superó con diferencias significativas al tratamiento *Rhizobium*.

El efecto positivo de la coinoculación ha sido observado por varios autores, por ejemplo, Martínez et al. (2015) mencionan el efecto positivo de la coinoculación bacteriana en plantas de alfalfa, Ferlini (2006) informa sobre el efecto positivo de la coinoculación en soja, Akhtar et al. (2013) demostraron claramente que la coinoculación de *Rhizobium* y *Bacillus* sp aumentó la disponibilidad de fósforo y ejerció un efecto positivo sobre el crecimiento y el rendimiento del cultivo de trigo, asimismo, EMBRAPA (2014) recomienda la coinoculación como una práctica para mejorar la producción de soja.

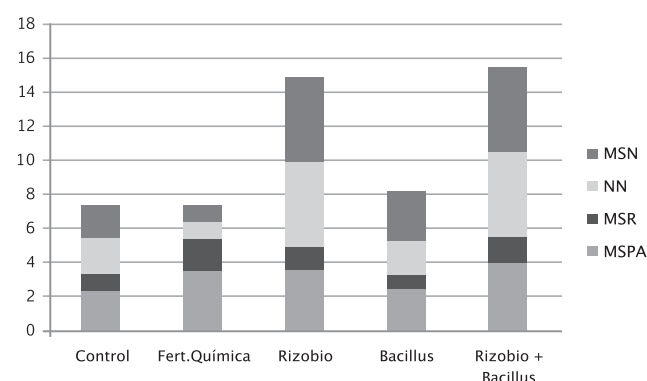


Figura 5. Conglomerado de las variables evaluadas en cada uno de los tratamientos.

En la tabla 1 se presenta el análisis de Correlación de Pearson entre las variables evaluadas, se observa correlación positiva entre la materia seca de la parte aérea (MSPA) y el número de nódulos (NN) y la materia seca de nódulos (MSN) no obstante sin diferencias significativas.

Tabla 1. Correlación de Pearson entre las variables materia seca de la parte aérea (MSPA), materia seca de la raíz (MSR), número de nódulos (NN) y materia seca de nódulos (MSN) de plantas de frijol variedad Canario.

	MSPA	MSR	NN
MSR	0.758 0.137		
NN	0.593 0.292	-0.056 0.928	
MSN	0.709 0.18	0.132 0.832	0.968 0.007

Contenido de la celda: Correlación de Pearson
Valor P

La materia seca de la raíz (MSR) presentó correlación negativa con el número de nódulos, mientras que con la materia seca de la raíz (MSR) presento baja correlación, no significativa. Las variables Número de nódulos (NN) y materia seca de nódulos (MSN) presentaron correlación positiva y significativa. Los resultados obtenidos indican que el desarrollo de la parte aérea se relaciona con la nodulación y no con el desarrollo de la raíz, asimismo la correlación positiva y significativa entre el número y masa seca de nódulos indica características eficientes de nodulación.

- Efecto de la co-inoculación *Rhizobium* – *Bacillus* en el crecimiento y nodulación de plantas de arveja variedad Verde común

El análisis de variancia de la materia seca de plantas de arveja inoculadas con *Rhizobium* y *Bacillus* determinó que los tratamientos evaluados no presentaron diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, en la Figura 6 se observa un incremento numérico en los tratamientos *Rhizobium* + *Bacillus*, *Rhizobium* y fertilización química frente al control y *Bacillus*. Los resultados obtenidos posiblemente se deben al ataque de las plantas por el hongo *Erysiphe polygoni* que causa el polvillo o el oídio en arveja.

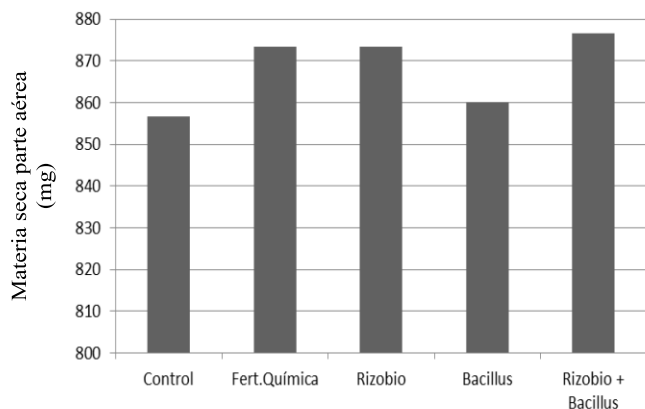


Figura 6. Materia seca de la parte aérea de plantas de arveja inoculadas con *Rhizobium* y *Bacillus*.

El análisis de variancia de la materia seca de la raíz y del número de nódulos determinó diferencias significativas entre tratamientos por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey (0.05).

La prueba de Tukey de la materia seca de la raíz (Figura 7) determinó que el tratamiento Fertilización química presentó diferencias significativas frente al resto de tratamientos, los que no presentaron diferencias estadísticas entre ellos. Los resultados obtenidos fueron similares a los obtenidos en plantas de frijol, debido posiblemente a que las bacterias inoculadas no ejercen un efecto positivo en el sistema radicular.

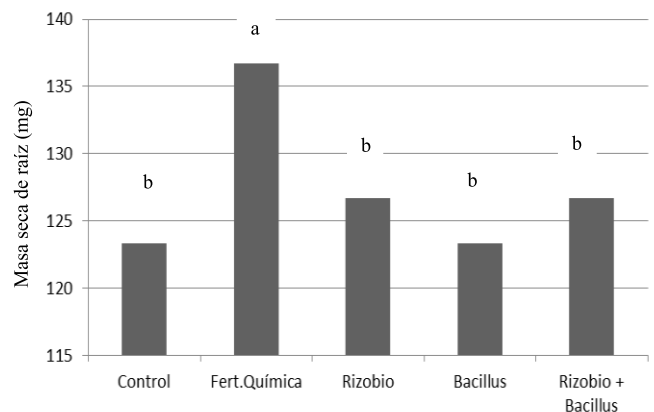


Figura 7. Prueba de Tukey (0.05) de la masa seca de la raíz de plantas de arveja inoculadas con *Rhizobium* y *Bacillus*

Al realizar la prueba de Tukey del número de nódulos (Figura 8) se observó que los tratamientos *Rhizobium*, *Bacillus* y *Rhizobium* + *Bacillus* no presentaron diferencias significativas entre ellos, sin embargo superaron al control sin inocular y a la fertilización química que no presentaron diferencias significativas con el tratamiento *Bacillus*. Es importante indicar que la nodulación también fue afectada por el ataque del hongo *Erysiphe polygoni* ya que se observó una deficiente nodulación, entre 1 a 3 nódulos por planta, por lo que no se determinó la masa seca de nódulos. Padda et al. (2017) indican que las bacterias del género *Bacillus* son famosas por su capacidad de actuar como un agente de control biológico contra una amplia gama de patógenos de plantas, sin embargo, en la presente investigación no se ha observado dicha capacidad.

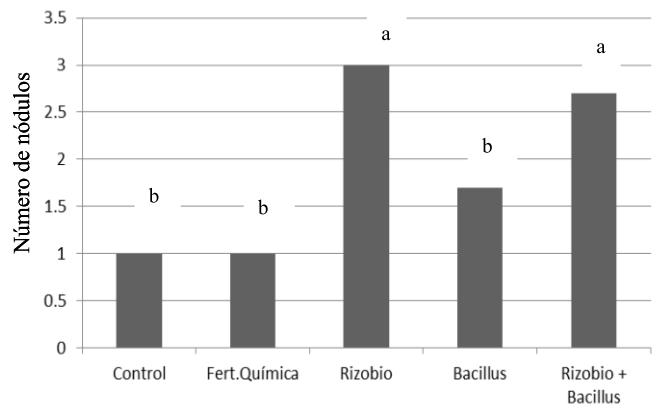


Figura 8. Prueba de Tukey (0.05) del número de nódulos de plantas de arveja inoculadas con *Rhizobium* y *Bacillus*.

Tonelli et al. (2017) indican que la inoculación de *Bacillus* sp. no afecta el comportamiento simbiótico de los rizobios de soya, efecto también observado en la presente investigación, ya que la nodulación en el tratamiento *Rhizobium* + *Bacillus* fue similar al tratamiento sólo con *Rhizobium* en ambas especies evaluadas.

Los resultados obtenidos determinaron que el tratamiento *Rhizobium* + *Bacillus* incrementó con diferencias estadísticas el peso de la materia seca de la parte aérea en frijol y no así, en arveja. La co inoculación *Rhizobium* + *Bacillus* no incrementó el desarrollo del sistema radicular de frijol tampoco de la arveja, la nodulación en plantas de frijol y arveja coinoculadas con *Rhizobium* + *Bacillus* fue similar al tratamiento sólo con *Rhizobium*.

Se ha demostrado que la coinoculación *Rhizobium* + *Bacillus* podría mejorar el crecimiento de las leguminosas por lo que se recomienda continuar investigando en diferentes variedades de leguminosas, considerando que la presente investigación es la primera que se realiza con la técnica de coinoculación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akhtar, N., Arshad, I., Shakir, M.A., Sehrish, J., Ali, L. (2013). Co-inoculation with *Rhizobium* and *Bacillus* sp to improve the phosphorus availability and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Animal and Plant Sciences* 23(1):190-197.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA). (2014). Tecnología de coinoculación Rizobios y *Azospirillum* en soya y frijol. Folder 02. Segunda Impresión.
- Ferlini H. (2006). Co-inoculación en soja (*Glycine max*) con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*. Centro de Desarrollo Agrícola de las FAR, AGROFAR. Santo Domingo, Villa Clara. Cuba.
- Martínez R., Nebot E., Porres J.M., Kapravelou, Bedmar E. López-Jurado M. (2015). Medicago sativa: mejora y nuevos aspectos de su valor nutritiva y funcional por coinoculación bacteriana. *Nutr. Hosp.* 32(6): 2741-2748
- Mayz-Figueroa J. (2004). Fijación biológica de nitrógeno. *Revista UDO Agrícola* 4(1):1-20.
- Obando D. (2012). “Respuesta fisiológica del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L.) A la coinoculación de bacterias diazotróficas de los géneros *Azotobacter* y *Rhizobium* en suelos del departamento del César”. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de: Magister en Ciencias Agrarias: Línea de Investigación en fisiología de cultivos. Universidad de Colombia, Facultad de Agronomía.
- Padda K.P., Puri A., Chanway Ch. (2017). *Paenibacillus* polimixa: A prominent biofertilizer and biocontrol agent for sustainable agricultura. En: *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture* pp 165-191.
- Peix A., Ramírez-Bahena M., Velázquez E. and Bedmar E. (2015). Bacterial Associations with Legumes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 34:17–42, 2015.
- Tonelli M.L., Magallanes-Noguera, C., Fabra A. (2017). Symbiotic performance and induction of systemic resistance against *Cercospora sojina* in soybean plants co-inoculated with *Bacillus* sp. CHEP5 and *Bradyrhizobium japonicum* E109. *Archives of Microbiology*, 199(9):1283-1291.
- Yadav J., Verma P. (2014). Effect of seed inoculation with indigenous *Rhizobium* and plant growth promoting rhizobacteria on nutrients uptake and yields of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *European Journal of Soil Biology*, 63: 70-77.

CARACTERÍSTICAS SEMINALES DE OVINO PRE Y POST CONGELAMIENTO USANDO DILUTOR COMERCIAL Y DIFERENTES YEMAS DE HUEVO

Alfredo Pozo Curo, Luis Rodríguez Zamora y Rogelio Sobero Ballardó

Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Agrarias

Programa de Investigación en Reproducción y Salud Animal –Área: Animales Menores

E-mail: alfredo.pozo@unsch.edu.pe

RESUMEN

Se evaluaron las características seminales de eyaculados ovinos pre y post descongelamiento usando dilutor comercial con diferentes yemas de huevo de aves. Se utilizaron ocho eyaculados obtenidos por electroeyaculación de dos carneros criollos con un volumen de 0.9 ± 0.2 mL, pH de 6.3 ± 0.5 , motilidad masal de 4.3 ± 0.8 , concentración espermática de $524.5 \pm 231.5 \times 10^7$ espermatozoides, $84.5 \pm 5.0\%$ de vitalidad y $10.8 \pm 1.8\%$ de anomalías. Se utilizó el dilutor comercial (Triladyl®) según las indicaciones del fabricante, conformándose cuatro tratamientos en función a diferentes yemas de huevo: gallina criolla (T1), granja (T2), codorniz (T3) y mezcla proporcional de estos (T4). La fase de equilibrio duró 3.5h a temperatura ambiente (20°C). Se usaron pajillas de 0.25mL y 100×10^6 espermatozoides viables. Las pajillas se congelaron con equipo automatizado Criobath Freeze Control®. Las características seminales fueron evaluadas después de la dilución final y post descongelamiento. Se utilizaron las pruebas de hipótesis Kruskal-Wallis y test de Wilcoxon del SPSS con un nivel de significación de $p < 0.05$. Las características seminales pre congelamiento y post descongelamiento para la motilidad individual (93.0 ± 5.4 , 92.7 ± 5.7 , 92.2 ± 6.2 , 90.0 ± 6.4) (23.0 ± 16.9 , 14.8 ± 11.8 , 20.1 ± 14.0 , 24.4 ± 17.6), vitalidad (83.5 ± 3.8 , 78.9 ± 8.6 , 81.4 ± 4.1 , 80.3 ± 6.7) (18.7 ± 8.1 , 15.5 ± 12.9 , 14.9 ± 6.9 , 16.7 ± 8.9), anomalías (8.7 ± 3.8 , 8.0 ± 3.0 , 8.7 ± 3.8 , 8.0 ± 3.1) (3.4 ± 1.2 , 5.4 ± 4.2 , 4.8 ± 3.4 , 3.6 ± 1.5) y test hiposmótico (79.3 ± 7.7 , 74.7 ± 9.9 , 71.8 ± 6.2 , 73.0 ± 7.9) (7.2 ± 5.6 , 6.6 ± 4.6 , 7.9 ± 4.6 , 8.5 ± 5.0) para T1, T2, T3 y T4, respectivamente, no mostraron diferencias entre sí; sin embargo, las características seminales se redujeron significativamente dentro de cada tratamiento pre y post descongelamiento. En conclusión, las características seminales de ovinos se redujeron significativamente hasta en 70% aproximadamente pos descongelamiento, reduciendo su viabilidad para uso posterior en biotecnologías asistidas.

Palabras clave: Ovino, semen, criopreservación, electroeyaculación.

PRE AND POST FREEZING WEEKLY FEATURES USING COMMERCIAL DILUTOR AND EGG YEAS OF EGG

ABSTRACT

The seminal characteristics of pre and post defrosting ejaculate sheep were evaluated using commercial dilutor with different egg yolks of birds. Ejaculates obtained by electroejaculation of two Creole rams with a volume of 0.9 ± 0.2 mL, pH of 6.3 ± 0.5 , mass motility of 4.3 ± 0.8 , sperm concentration of $524.5 \pm 231.5 \times 10^7$ sperm, $84.5 \pm 5.0\%$ of vitality were used and $10.8 \pm 1.8\%$ of abnormalities. The commercial dilutor (Triladyl®) was used according to the manufacturer's instructions, conforming to four treatments according to different egg yolks: Creole chicken (T1), farm (T2), quail (T3) and proportional mixture of these (T4). The equilibrium phase lasted 3.5h at room temperature (20°C). Straws of 0.25mL and 100×10^6 viable sperm were used. The straws were frozen with Criobath Freeze Control® automated equipment. The seminal characteristics were evaluated after the final dilution and post defrosting. The Kruskal-Wallis hypothesis and Wilcoxon test of the SPSS with a significance level of $p < 0.05$ were used. Seminar characteristics pre-freeze and post-defrost for individual motility (93.0 ± 5.4 , 92.7 ± 5.7 , 92.2 ± 6.2 , 90.0 ± 6.4) (23.0 ± 16.9 , 14.8 ± 11.8 , 20.1 ± 14.0 , 24.4 ± 17.6), vitality (83.5 ± 3.8 , 78.9 ± 8.6 , 81.4 ± 4.1 , 80.3 ± 6.7) (18.7 ± 8.1 , 15.5 ± 12.9 , 14.9 ± 6.9 , 16.7 ± 8.9), abnormalities (8.7 ± 3.8 , 8.0 ± 3.0 , 8.7 ± 3.8 , 8.0 ± 3.1) (3.4 ± 1.2 , 5.4 ± 4.2 , 4.8 ± 3.4 , 3.6 ± 1.5) and hyposmotic test (79.3 ± 7.7 , 74.7 ± 9.9 , 71.8 ± 6.2 , 73.0 ± 7.9) (7.2 ± 5.6 , 6.6 ± 4.6 , 7.9 ± 4.6 , 8.5 ± 5.0) for T1, T2, T3 and T4, respectively, showed no differences between them; however, the seminal characteristics were significantly reduced within each pre and post defrost treatment. In conclusion, the seminal characteristics of sheep were significantly reduced after defrosting, reducing their viability for later use in assisted biotechnologies.

Key words: Sheep, semen, cryopreservation, electroejaculation.

INTRODUCCIÓN

La inseminación artificial es una herramienta biotecnológica que permite la difusión masiva de material genético deseable. Sin embargo, en el macho se requiere garantizar que el semen llegue en perfecto estado al tracto reproductivo de la hembra, por lo tanto, el semen debe cuidarse desde su colecta hasta el momento de su uso. El semen ovino puede obtenerse a través de diversas técnicas, además, puede ser usado en estado fresco con o sin diluir, refrigerado o congelado. Sin embargo, se ha reportado la sensibilidad de

semen ovino a la criopreservación. El semen congelado utiliza dilutores que contienen crioprotectores que protegen a los espermatozoides y garantizan su fertilidad después de su descongelamiento. El triladyl® es un dilutor comercial que utiliza yema de huevo antes de ser utilizado en la congelación, el cual puede diferir en su composición, según su origen; por lo tanto, el propósito de esta investigación fue evaluar las características seminales pre y post descongelamiento del semen ovino usando un dilutor comercial con diferentes fuentes de yema de huevo (YH) de

aves como la gallina criolla, de granja, codorniz y la mezcla de éstos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo se ejecutó en el Laboratorio de Reproducción y Biotecnología de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, durante los meses de setiembre y octubre del año 2018.

La muestra estuvo constituida por ocho (08) eyaculados procedentes de dos (02) carneros criollos jóvenes, previamente dosificados con antiparasitarios y alimentados con forraje verde asociado de alfalfa y rye grass americano.

La preparación de la dilución madre siguió las indicaciones del fabricante: 01 parte de Triladyl®: 03 partes de agua bidestilada: 01 parte de yema de huevo. El Triladyl® comercial contiene glicerol, tris, ácido cítrico, fructosa, tilosina, gentamicina, lincomicina y espectinomina. La homogenización se realizó mediante vortex y la solución final no fue filtrada. El dilutor fue preparado para cada día de trabajo programado.

Los tratamientos fueron dilutor comercial (Triladyl®) + yema de huevo de gallina criolla (T1), dilutor comercial (Triladyl®) + yema de huevo de gallina granja (T2), dilutor comercial (Triladyl®) + yema de huevo de codorniz (T3), dilutor comercial (Triladyl®) + yema de huevo de gallina criolla, de granja y codorniz (T4).

El semen se colectó mediante electroeyaculación (Electrojac 6®) de manera interdiaria y en horas de la mañana. Para este proceso, se retiró las heces del recto con ayuda de un guante de látex lubricado. Se lavó el prepucio con suero fisiológico. Se introdujo el electrodo vía rectal y se puso en modo automático la unidad de control. El extremo libre del pene fue introducido en un tubo colector graduado protegido externamente con papel aluminio cuando se inició el estímulo eléctrico. Fueron suficientes de 2 a 4 voltios para estimular la eyaculación en ovinos machos.

El eyaculado se trasladó inmediatamente al Laboratorio de Reproducción y Biotecnología para mantenerse en baño maría a 37°C. Se procedió a la evaluación inicial macro (volumen, pH, color, densidad, olor) y microscópica (motilidad masal, concentración espermática, vitalidad) del semen dentro de los 10 min posteriores a su colecta. Para fines de crioconservación, se utilizó semen de ovino con motilidad masal >4 y motilidad individual >70%. Se fraccionó el volumen total del eyaculado en cuatro tubos falcon marcados para cada tratamiento y se hizo una predilución de semen con el dilutor (para cada tratamiento) a la misma temperatura (1:1) a 37°C mantenidos en baño maría, mientras duró la evaluación inicial del semen. Con la determinación de la concentración espermática, la viabilidad y espermatozoides anormales, se determinó la dosis total con espermatozoides viables, además posibilitó calcular la cantidad total de dilutor. La última fracción de dilutor se agregó a la predilución a temperatura ambiente (20°C) en cada uno de los tubos marcados según tratamiento y se procedió a la evaluación de la motilidad individual, vitalidad, anormalidad e integridad de membrana para cada caso. Se

dejaron los tubos con los respectivos tratamientos por 3.5h en estabilización a temperatura ambiente (20°C). Se rotularon manualmente las pajillas con plumones de color, según carnero y tratamiento. Se empacaron a temperatura ambiente cada una de las pajillas radiadas de 0.25 cc y 100 x 10⁶ espermatozoides viables con ayuda de un cargador de pajillas marca Minitub y luego fueron selladas con alcohol polivinílico en su extremo libre. Se retuvieron algunas pajuelas para el control de partida y las demás se colocaron al equipo congelador automatizado Criobath Freeze Control® (Modelo CL5500, Australia) y se activó el programa N° 05 para la congelación de semen ovino, cuya curva de descenso de temperatura parte de una temperatura inicial de +20°C hasta que el descenso no tuviera cambios marcados (-160°C) para luego sumergirse directamente a NL. Una vez terminada la congelación, se procedió a guardar las pajillas en tanques criogénicos. A los 03 días posteriores a la congelación, se procedió a evaluar las pajillas criopreservadas. La descongelación de pajillas se realizó a 37°C por un espacio de 30 segundos. Se procedió a evaluar la motilidad individual, vitalidad, anormalidades y la integridad de membrana para registrarse la información en la matriz de recolección de datos.

La motilidad individual progresiva se determinó mediante el procedimiento descrito por Joshi et al. (2001), colocando una muestra de semen diluido en nueve gotas de suero fisiológico en una lámina portaobjetos y cubierta con una lámina cubreobjetos templadas y observadas a 400X. Se usó la lectura según López et al. (2012), contando primero las células espermáticas con motilidad progresiva, luego los espermatozoides con motilidad no progresiva y finalmente los inmóviles, siguiendo el sentido de las agujas del reloj y en campos diferentes.

Para la vitalidad y las anormalidades se hicieron frotis colocando primero una gota de colorante Eosina (1%) y Nigrosina (5%) sobre un portaobjetos tibio (37°C), luego se colocó una gota de semen cerca a los colorantes. Se mezcló la gota de semen primero con eosina y luego con nigrosina, para posteriormente realizarse el frotis colocando otra lámina porta objetos en ángulo de 45°. Una vez secado, se observó con microscopio a 400x, evaluando 200 células espermáticas por lámina. La lectura se basó según Tribulo (2009), considerando a los espermatozoides teñidos como muertos y los no teñidos como vivos.

El test hipo osmótico se realizó mezclando la muestra de semen con solución hipo-osmótica (1:10) (citrato de sodio + fructosa) y se incubó por 45 minutos a 37°C, luego se colocó una pequeña gota de la mezcla sobre un portaobjetos y cubreobjetos para evaluarse en un microscopio a 400x, contándose 100 espermatozoides. Los espermatozoides con cola enrollada e hinchada se considerarán con reacción positiva.

Los datos al no cumplir los supuestos de la distribución de la normalidad mediante la prueba de hipótesis de Shapiro-Willk, la comparación de los grupos experimentales se realizó mediante la prueba de hipótesis no paramétrica de Kruskal-Wallis pre y post congelamiento de semen. Así mismo, se evaluaron las diferencias ocurridas en cada tratamiento mediante la prueba de hipótesis de Wilcoxon de los rangos con signo. Se utilizó el software SPSS v.22 y el nivel de significación se consideró cuando $p < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Características seminales de los eyaculados puros de ovinos criollos obtenidos por electroeyaculación. C.E. Pampa del Arco, Ayacucho-2018.

Características seminales	Promedio $\pm$ D.E.	Mín.	Máx.	C.V.
Evaluación macroscópica				
Volumen (mL)	0,9 $\pm$ 0,2	0,7	1,1	20,0
pH	6,3 $\pm$ 0,5	6,0	7,0	8,2
Color	Blanco lechoso			
Densidad	Cremoso grumoso			
Olor	Inodoro			
Evaluación microscópica				
Motilidad masal	4,3 $\pm$ 0,8	3	4	10,6
Concentración espermática (Esp/mL x 10 ⁷)	524,5 $\pm$ 231,5	171	851	44,1
Vitalidad (%)	84,5 $\pm$ 5,0	80,5	92	5,9
Anormalidades (%)	5,8 $\pm$ 1,8	4	6	10,4

La tabla 1, describe las características del semen de ovinos machos obtenidos mediante electroeyaculación. Así, el volumen tuvo una media $\pm$ D.E. de 0,9 $\pm$ 0,2 mL, así como su rango fue similar a lo reportado por Derivaux (1982) con 0,5 a 2,0 mL. La técnica de recolección de semen también puede influir en el volumen del semen recolectado. Similar volumen obtuvo Campana (1982) mediante la misma técnica en carneros Corriedale; sin embargo, ligeramente inferiores a los obtenidos por vagina artificial en merino criollo mejorado y Blackbelly reportados por Pérez *et al* (2011) y Guerrero *et al* (2009), respectivamente; y muy inferiores a los genotipos Assaf, Canela y Blackbelly (Cabrera y Pantoja, 2008). Al respecto, Aliaga (2006) indica que el volumen del eyaculado obtenido por electroeyaculación es mayor pero de menor concentración espermática e incluso la calidad se ve comprometida por la presencia de orina. En nuestro caso, el volumen estuvo dentro de los rangos normales, así como la concentración espermática incluso mayor al reportado por Guerrero *et al* (2009) (3.5 a 6 $\times 10^9$ espermatozoides) logrados por vagina artificial. De otro lado, como el pH

mostró valores dentro del rango normal, evidenció que las muestras recolectadas no se contaminaron al menos con orina, probablemente porque los eyaculados se obtuvieron con menor estímulo eléctrico (2 a 4 voltios).

La motilidad masal fue similar a lo obtenido por Cabrera y Pantoja (2008) pero menor que Pérez *et al* (2011), Guerrero *et al* (2009) y Apaza (2017). Además Apaza (2017) reporta vitalidades similares a nuestros resultados pero con anormalidades bastante bajas en comparación al nuestro, que podrían atribuirse a la selección más cuidadosa de machos, la alimentación suplementada y la técnica de colección de semen. Sin embargo, estas características están aún de acuerdo en su mayoría a las exigencias de la empresa Minitub (2011) requeridos para proceder al congelamiento a excepción del volumen que fue menor a los más de 1,5 mL exigidos. Por lo tanto, el volumen del semen recolectado por electroeyaculación no fue impedimento para proceder con la criopreservación.

Tabla 2. Características seminales por tratamiento al pre congelamiento de los eyaculados de ovinos criollos obtenidos por electroeyaculación en el C.E. Pampa del Arco. Ayacucho-2018.

Características seminales	TRATAMIENTOS*															
	T1				T2				T3				T4			
	Prom. $\pm$ D.E.	Mín.	Máx.	C.V.	Prom. $\pm$ D.E.	Mín.	Máx.	C.V.	Prom. $\pm$ D.E.	Mín.	Máx.	C.V.	Prom. $\pm$ D.E.	Mín.	Máx.	C.V.
Motilidad Individual (%)	93,0 ^a $\pm$ 5,4	82,4	97,0	5,8	92,7 ^a $\pm$ 5,7	81,8	97,1	6,1	92,2 ^a $\pm$ 6,2	84,4	99,0	6,7	90,0 ^a $\pm$ 6,4	79,4	95,5	7,1
*Progresiva (%)	86,3 $\pm$ 8,4	70,6	93,5	9,7	85,2 $\pm$ 11,0	65,2	95,0	12,9	85,5 $\pm$ 9,8	72,5	96,0	11,4	81,1 $\pm$ 9,7	66,7	90,7	12,0
*No progresiva (%)	6,7 $\pm$ 4,6	2,0	12,1	68,3	7,5 $\pm$ 5,6	2,0	16,7	74,5	6,7 $\pm$ 3,8	2,9	12,5	57,6	8,9 $\pm$ 4,3	2,3	13,2	48,8
*Inmóviles (%)	8,2 $\pm$ 7,1	2,0	17,7	87,7	9,0 $\pm$ 6,9	2,9	18,2	76,9	7,8 $\pm$ 6,2	1,0	15,6	78,9	10,0 $\pm$ 6,4	4,5	20,6	63,9
Vitalidad (% vivos)	83,5 ^a $\pm$ 3,8	77,0	88,5	4,6	78,9 ^a $\pm$ 8,6	68,0	89,5	10,9	81,4 ^a $\pm$ 4,1	75,0	87,0	5,1	80,3 ^a $\pm$ 6,7	71,5	89,0	8,3
Anormalidades (%)	8,7 ^a $\pm$ 2,3	5,0	11,0	26,0	8,0 ^a $\pm$ 3,0	3,0	12,0	37,1	8,7 ^a $\pm$ 3,8	5,0	15,0	44,2	8,0 ^a $\pm$ 3,1	4,0	13,0	38,7
Test hiposmótico (%)	79,3 ^a $\pm$ 7,7	67,0	90,0	9,7	74,7 ^a $\pm$ 9,9	58,0	87,0	13,3	71,8 ^a $\pm$ 6,2	62,0	79,0	8,6	73,0 ^a $\pm$ 7,9	62,0	81,0	10,9

* Tratamientos: T1 (Triladyl® + yema de huevo gallina criolla), T2 (Triladyl® + yema de huevo de gallina granja), T3 (Triladyl® + yema de huevo codorniz), T4 (Triladyl® + yemas de huevo criolla, granja y codorniz)

La tabla 2, describe las características del semen de ovinos machos criollos antes del proceso de congelamiento e inmediatamente después de la dilución final a temperatura ambiente. Dichas características como el volumen, pH, densidad, motilidad masal, la concentración espermática, vitalidad como anormalidades son altas y no muestran diferencias entre los diversos tratamientos que usan yemas de huevo de diferentes orígenes; además, dichas características se encontraron dentro de los parámetros mínimos exigidos para la congelación de semen. Al parecer, a temperatura ambiente y mientras duró la fase de equilibrio por 3.5h, los componentes de los dilutores como el tris,

glicerol, ácido cítrico y fructosa (Minitub, 2011) lograron controlar aparentemente los cambios del ambiente extra e intracelular de las células espermáticas. Apaza (2017) reportó similares resultados del test hipoosmótico, un pequeño incremento en las anormalidades, pero vitalidades similares al nuestro usando yemas de huevo de gallina criolla, granja y codorniz excepto una reducción significativa de la vitalidad al usarse yema de huevo de paloma, parámetros evaluados en la fase de equilibrio. Al respecto, Apaza (2017) utilizó un dilutor preparado en el laboratorio y la dilución se realizó en dos etapas, donde la fase de equilibrio (4 a 4.5 horas) lo realizó a 5°C, una vez completada la fase de descenso de la temperatura y completada la dilución final con la segunda fracción que contenía 5% de glicerol.

Tabla 3. Características pre y post descongelación de pajillas de semen ovino criollo según tratamientos. C.E. Pampa del Arco, Ayacucho-2018.

Tratamientos*	Características seminales							
	Motilidad individual (%)		Vitalidad (%)		Anormalidades (%)		Test hiposmótico (%)	
	Pre Congel.	Post Descongel.	Pre Congel.	Post Descongel.	Pre Congel.	Post Descongel.	Pre Congel.	Post Descongel.
	Prom. ± D.E.	Prom. ± D.E.	Prom. ± D.E.	Prom. ± D.E.	Prom. ± D.E.	Prom. ± D.E.	Prom. ± D.E.	Prom. ± D.E.
T1	93,0 ^a ± 5,4	23,0 ^b ± 16,9	83,5 ^a ± 3,8	18,7 ^b ± 8,1	8,7 ^a ± 2,3	3,4 ^b ± 1,2	79,3 ^a ± 7,7	7,2 ^b ± 5,6
T2	92,7 ^a ± 5,7	14,8 ^b ± 11,8	78,9 ^a ± 8,6	15,5 ^b ± 12,9	8,0 ^a ± 3,0	5,4 ^b ± 4,2	74,7 ^a ± 9,9	6,6 ^b ± 4,6
T3	92,2 ^a ± 6,2	20,1 ^b ± 14,0	81,4 ^a ± 4,1	14,9 ^b ± 6,9	8,7 ^a ± 3,8	4,8 ^b ± 3,4	71,8 ^a ± 6,2	7,9 ^b ± 4,6
T4	90,0 ^a ± 6,4	24,4 ^b ± 17,6	80,3 ^a ± 6,7	16,7 ^b ± 8,9	8,0 ^a ± 3,1	3,6 ^b ± 1,5	73,0 ^a ± 7,9	8,5 ^b ± 5,0

* Tratamientos: T1 (Triladyl® + yema de huevo gallina criolla), T2 (Triladyl® + yema de huevo de gallina granja), T3 (Triladyl® + yema de huevo codorniz), T4 (Triladyl® + yemas de huevo criolla, granja y codorniz)

^{a,b} Letras distintas en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

La tabla 3 describe las características pre y post descongelamiento de pajillas de semen de ovinos criollos según tratamientos. Se muestra diferencias significativas para la motilidad individual, vitalidad, anormalidades y test hiposmótico, con reducciones muy significativas que ponen en duda el uso de dichas pajillas en los trabajos posteriores de inseminación artificial por no cumplir con los requisitos mínimos como una motilidad progresiva de semen descongelado >40% exigido por Minitub (2011) y por la importancia que tiene la motilidad con su capacidad fertilizante (Illera, 1994). Nuestros resultados pos descongelamiento de semen ovino en comparación a los de Apaza (2017) fueron menores para la motilidad individual progresiva (51.36%, 50.72%, 50.05% y 45.98%), test hipo osmótico (55.86%, 60.50%, 59.44% y 49.30%), vitalidad (57.19%, 56.04%, 56.08% y 46.66%) e integridad de acrosoma (61.59%, 65.27%, 64.64% y 62.53%) al usar yema de huevo de gallina criolla, de granja, codorniz y de paloma, siendo para este último las reducciones significativas más notorias. Estas diferencias podrían deberse a que Apaza (2017) usó dilutores en dos fases, usando la fracción que contenía glicerol en 5% a la temperatura de 5°C, una

congelación manual con vapores de nitrógeno a una altitud de 5 cm por 10 min, mientras que nuestra dilución final fue a 20°C, con dilutor comercial que tiene Aprox. 20% de glicerol y expuesta por 3.5 horas en fase de equilibrio, aparte de que las pajillas de 0.25 ml se cargaron con 100×10^6 espermatozoides viables, factores que pudieron producir niveles altos de especies reactivas de oxígeno, más una larga exposición al glicerol pudieron generar daño microscópico a nivel de membrana, citoplasma y núcleo de los espermatozoides.

Así mismo, presumimos que la técnica de recolección del semen por electroeyaculación pudo afectar la calidad seminal para fines de criopreservación por el uso del estímulo eléctrico necesario para activar el reflejo nervioso y alterar la cascada fisiológica normal que requiere el proceso eyaculatorio y también afectar los iones a nivel de la membrana plasmática de los espermatozoides.

De otro lado, aunque no se detectó la presencia de orina en el eyaculado por el registro del pH a la colección, la presencia de mínimas cantidades e imperceptibles promovidas por la electroeyaculación pudieron afectar la estructura celular o la calidad seminal por lo que algunos investigadores como Aliaga (2006) sólo recomiendan usar este tipo de semen de manera fresca que criopreservado.

Otro factor que pudo haber afectado la reducción masiva de las características seminales post descongelamiento la

podemos atribuir a la presencia de mayor cantidad de lecitinas procedente de las glándulas bulbouretrales, cuyo incremento así como del plasma seminal sería favorecida por el uso del electroeyaculador, que hidroliza la lecitina de la yema de huevo en isolecitina, atribuyéndose su efecto citotóxico sobre los espermatozoides como lo reportan Busch y Waberski (2007). Además no olvidemos que la yema de huevo en la dilución final del triladyl® participa en un 20% del total, una cantidad dentro del promedio requerido para esta especie (Minitub, 2011).

Otro factor que afectó nuestros resultados, podría ser la dilución de un solo paso que exige el dilutor comercial triladyl®, que expuso al glicerol y su efecto tóxico a los espermatozoides (Anel *et al.*, 2003) desde un principio en la predilución y dilución final, tiempo que coincidió con el de

estabilización a temperatura ambiente (20°C), atribuyéndose dicho daño a la permeabilidad de la membrana espermática (Gao *et al.*, 1997) que aún sigue siendo considerable en comparación a temperaturas más bajas. La decisión de congelar semen con triladyl® en un solo paso fue porque el programa de congelación automatizada requiere una temperatura inicial de partida de +20°C y no permite la glicerolización a +5°C de una segunda fracción como lo exige otro protocolo de congelación descrito por Cueto *et al* (2004).

De otro lado, el uso de semen de ovinos machos jóvenes, aunado a la obtención mediante electroeyaculación y criopreservación automatizado de un solo paso, también pudieron haber sido un factor para que los espermatozoides no puedan soportar el proceso de criopreservación como lo menciona García (2014).

Tabla 4. Características seminales por tratamiento al post descongelamiento de los eyaculados de ovinos criollos obtenidos por electroeyaculación en el C.E. Pampa del Arco. Ayacucho-2018.

Características seminales	Tratamientos*															
	T1				T2				T3				T4			
	Prom. ± D.E.	Mín.	Máx.	C.V.	Prom. ± D.E.	Mín.	Máx.	C.V.	Prom. ± D.E.	Mín.	Máx.	C.V.	Prom. ± D.E.	Mín.	Máx.	C.V.
Motilidad Individual (%)	23,0 ^a ± 16,9	3,6	77,0	73,6	14,8 ^a ± 11,8	4,0	50,8	79,8	20,1 ^a ± 14,0	2,9	52,0	69,9	24,4 ^a ± 17,6	8,2	67,7	72,4
*Progresiva (%)	20,3 ± 16,4	3,1	75,0	80,8	13,1 ± 11,2	3,0	46,5	85,4	17,8 ± 13,0	2,5	50,0	73,0	21,4 ± 16,5	7,2	61,5	77,0
*No progresiva (%)	2,7 ± 2,7	0,5	12,0	100	1,7 ± 1,0	0,5	4,3	58,3	2,2 ± 2,4	0,4	10,6	107	3,0 ± 2,0	0,9	7,5	66,3
*Inmóviles (%)	77,0 ± 16,9	23,0	96,4	21,9	85,2 ± 11,8	49,2	96,0	13,9	80,0 ± 13,9	48,0	97,0	17,4	75,6 ± 17,6	32,3	91,8	23,3
Vitalidad (% vivos)	18,7 ^a ± 8,1	3,0	37,0	43,1	15,5 ^a ± 12,9	3,0	50,0	82,9	14,9 ^a ± 6,9	4,5	29,5	46,5	16,7 ^a ± 8,9	3,0	35,0	53,5
Anormalidades (%)	3,4 ^a ± 1,2	1,0	5,0	36,4	5,4 ^a ± 4,2	1,0	18,0	77,3	4,8 ^a ± 3,4	1,0	12,0	71,7	3,6 ^a ± 1,5	1,0	7,0	41,1
Test hiposmótico (%)	7,2 ^a ± 5,6	1,0	20,0	78,5	6,6 ^a ± 4,6	2,0	15,0	69,8	7,9 ^a ± 4,6	3,0	15,0	58,1	8,5 ^a ± 5,0	2,0	17,0	59,1

* Tratamientos: T1 (Triladyl® + yema de huevo gallina criolla), T2 (Triladyl® + yema de huevo de gallina granja), T3 (Triladyl® + yema de huevo codorniz), T4 (Triladyl® + yemas de huevo criolla, granja y codorniz)^{a,b} Letras distintas en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

La tabla 4, describe los resultados de la evaluación de pajillas de semen de ovinos criollos entre tratamientos después de la criopreservación. Los resultados no muestran diferencias para la motilidad individual, vitalidad, anormalidades y test hiposmótico usando diferentes tipos de yema de huevo en el dilutor.

La acción de la yema de huevo según Quinn *et al* (2009) es proteger a los espermatozoides del shock térmico mediante la formación de una película en su superficie, en especial por las lipoproteínas de menor densidad (LDL), presentes en más del 65% del total de la yema (Dauphas *et al.*, 2006). Nuestros resultados indican, que pese a la reducción significativa en las características seminales a la descongelación de las pajillas de semen, la yema de huevo pudo contribuir a

soportar el shock térmico que ocasiona el proceso de la congelación o la descongelación. Muchos trabajos han demostrado la alta sensibilidad de los espermatozoides ovinos a la congelación, reduciéndose las características seminales como el test hiposmótico, motilidad individual, vitalidad hasta en 30, 50 o 60% como lo reportan Cabrera y Pantoja (2008), Cabrera *et al* (2010), Cabrera *et al* (2011), Huamaní (2011), Santiani *et al* (2007) y Kulaksiz *et al* (2010). Nuestros resultados parecen ser alentadores cuando sean una opción a ser considerado en la intensión de criopreservar material genético de machos como recursos zoogenéticos en esta especie o sus similares usando alternativamente la electroeyaculación para recolectar semen en lugar de la vagina artificial.

A pesar de que la vitalidad se mantuvo alrededor del 20 al 25% en todos los tratamientos a la evaluación post descongelamiento, el test hiposmótico se redujo aún más, evidenciando más daño a nivel de la membrana celular lo cual ratifica la idea de que el semen ovino es muy sensible al proceso de criopreservación afectando las respuestas de fertilidad como lo indica Sandoval (2005).

En conclusión, las características seminales de motilidad individual, vitalidad y test hiposmótico de semen ovino obtenido mediante electroeyaculación y diluido con dilutor comercial Triladyl® y yemas de huevo de gallina criolla, granja, codorniz y la mezcla de éstas, se redujeron significativamente hasta en 70% Aprox. a la evaluación post descongelamiento, reduciendo las posibilidades de su uso posterior en la diseminación de genes deseables a través de biotecnologías asistidas pero más no para la criopreservación de recurso zoogenético.

AGRADECIMIENTOS

A los estudiantes de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria: Deisy Y. Acasio Espinoza, Axel Aróstegui Gutiérrez, Gustavo Taípe Llacsa, Bladimir Jayo Pariona, por su colaboración en el desarrollo de la parte experimental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aliaga, J. (2006). Producción de ovinos. Juan Gutemberg editores. UNA La Molina. Lima Perú.

Anel, L., de Paz, P., Álvarez, M., Chamorro, CA., Boixo, JC., Manso, A., González, M., Kaabi, M., Anel, E. (2003). Field and in vitro assay of three methods for freezing ram semen. *Theriogenology*, 60:1293-1308.

Apaza, L. (2017). Efecto de yema de huevo e la viabilidad de semen congelado de carnero. Tesis para optar el Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano.

Busch, W., Waberski, D. (2007). Manual de inseminación artificial de los animales domésticos y de explotación zootécnica. Editorial Acribia. España.

Cabrera, P., Ayulo, A., Pantoja, C. (2011). Efecto del dilutor tris y citrato con yema de huevo de codorniz sobre la viabilidad espermática en semen de ovino congelado en pajillas. *Rev. Inv. Vet. Perú*; 22(2): 105-113.

Cabrera, P., Orellana, J., Pantoja, C. (2010). Efecto de dos dilutores sobre la motilidad e integridad de la membrana espermática en semen congelado de ovinos. *Rev. Inv. Vet. Perú*; 21(2): 154-160.

Cabrera, P., Pantoja, C. (2008). Influencia de los dilutores tris y ovine freezing sobre la integridad de la membrana citoplasmática durante la congelación de semen de ovinos en pajilla de 0.5 mL. *Rev. Inv. Vet. Perú*. 19 (2): 152-159.

Campana, V. (1982). Evaluación de semen de carneros corriedale de majada general del centro experimental de Chuquibambilla. Tesis para optar el título de Médico Veterinario y Zootecnista. Perú. Universidad Técnica de Altiplano. p. 19-25.

Cueto, M., Gibbons, A., Garcia, J., Wolff, M., Arrigo, J. (2004). Obtención, procesamiento y conservación del semen ovino. Argentina Bariloche. Reproducción y genética. Instituto nacional de tecnología agropecuaria (INTA).

Dauphas, S., Beaumal, B., Riaublan, A., Anton, M. (2006). Hen Egg Yolk Low-Density Lipoproteins Film Spreading at the Air-Water and Oil-Water Interfaces. *J. Agric. Food Chem.*, 54:3733-3737.

Derivaux, J. (1982). Fisiología de la Reproducción de los Animales Domésticos. 2da Ed. Editorial Madrid-España.

Gao, D., Mazur, P., Criser, JK. (1997). Fundamental cryobiology of mammalian spermatozoa. En: *Reproductive tissue banking: scientific principles*. Eds: Karow, A.M. y Critser, J.K. Academic press, San Diego, EEUU. Pp: 263-328.

García, VWC. (2014). Optimización de los protocolos de criopreservación de semen ovino de las razas autóctonas en peligro de extinción xisqueta y aranesa. Tesis para optar el Grado Académico de Doctor. Universidad Autónoma de Barcelona. Pp 315.

Guerrero, H., Huanca, W., Raymundo, F., Huerta, S., Ramos, D. (2009). Uso de dilutores hipertónicos en la criopreservación de semen ovino. *Rev. Inv. Vet. Perú*. 20(1): 41-46.

Huamani, H. (2011). Efecto de la temperatura de empajillado y raza en la motilidad individual e integridad de membrana en semen congelado de carnero. Tesis para optar el título de Médico Veterinario y Zootecnista. Puno – Perú. Universidad Nacional de Altiplano.

Illera, M. (1994). Reproducción de los animales domésticos. España. Editorial Aedos. p. 121-122.

Joshi, A., Bag, S., Naqvi, S., Sharma, R., Rawat, P., Mittal, J. (2001). Effect of short-term and long-term preservation motion characteristics of Garole ram spermatozoa: a prolific microsheep breed of India. *Asian Aust. J. Anim. Sci.* 14: 1527-1533.

López, J., Urbano, A., Cárdenas, M. (2012). Manual de laboratorio para el análisis del semen.

Kulaksiz, R., Cebi, C., Akcay, E., Daskin, A. (2010). The protective effect of egg yolk from different avian species during the cryopreservation of Karayaka rams semen. *Small Ruminant Research*. 88: 12 – 15.

Minitube. (2011). Congelación de semen de pequeños rumiantes. Germany.

Pérez, U., Pérez, M., Mellisho, E. (2011). Viabilidad espermática en semen de carnero congelado por dos métodos. *Spermova*. 1(1):127-128.

Quinn, P., Chow, P., White, I. (1980). Evidence that phospholipid protects ram spermatozoa from cold shock at plasma membrane site. *J Reprod Fertil*. 60:403-407.

Sandoval, R. (2005). Criopreservación de semen ovino empleando diferentes dilutores y combinaciones de agentes crioprotectores permeantes y no permeantes. Tesis de pregrado. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Mayor De San Marcos. Lima-Perú.

ICTIOZONOSIS PARASITARIA EN EL PESCADO CRUDO SEGÚN PROCEDENCIA EN LOS PRINCIPALES LUGARES DE VENTA EN HUAMANGA-AYACUCHO 2018

Magaly Rodríguez Monje

Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Agrarias

Programa de Investigación: Reproducción y Salud Animal- Área: Microbiología y Parasitología

E-mail: magaly.rodriguez@unsch.edu.pe

RESUMEN

El trabajo se realizó en los principales lugares de venta de pescado de la ciudad de Ayacucho, con el objetivo de poder determinar la prevalencia de parásitos ictiozonóticos, se trabajó con 120 muestras de 3 variedades de pescado en 4 lugares de venta a través de la técnica de observación visual, encontrando una prevalencia de 52,5%, mercado Nery García 14,17%, mercado Grau 13,33%, nazareno y Covadonga con 12,5% respectivamente, cantidad de positivos en el bonito 26, seguido del jurel con 23 muestras positivas y finalmente lisa con 14 positivas. Para el caso de *Anisakis sp.* mayor cantidad en el mercado Grau 14 positivos, seguido de Nery García 13 positivos, Nazarenos 10 positivos y finalmente en Covadonga 9 positivos. En cuanto al *Diphylllobothrium sp.* en el mercado Covadonga 9 positivos, seguido de Nery García 6 positivos, Nazareno 5 positivos y finalmente Grau 3 positivos. El tipo de parasitismo, en Nery García monoparasitismo *Anisakis sp.* 11 muestras, *Diphylllobothrium sp.* 3 muestras y el Biparasitismo *Anisakis sp.* + *Diphylllobothrium sp.* en 4 muestras. En mercado Grau monoparasitismo *Anisakis sp.* 13 muestras, *Diphylllobothrium sp.* 2 muestras y Biparasitismo *Anisakis sp.* + *Diphylllobothrium sp.* en 2 muestras. En mercado Nazareno monoparasitismo *Anisakis sp.* 10 muestras, *Diphylllobothrium sp.* 4 muestras y el Biparasitismo *Anisakis sp.* + *Diphylllobothrium sp.* en 1 muestra. En mercado Covadonga monoparasitismo *Anisakis sp.* 7 muestras, *Diphylllobothrium sp.* 8 muestras y el Biparasitismo *Anisakis sp.* + *Diphylllobothrium sp.* en 1 muestra.

Palabras clave: Parásitos, pescado, prevalencia.

PARASITIC ICTHIOZONOSIS IN RAW FISH ACCORDING TO ORIGIN IN THE MAIN PLACES OF SALE IN HUAMANGA-AYACUCHO 2018

ABSTRACT

The work was carried out in the main places of sale of fish of the city of Ayacucho, with the objective of being able to determine the prevalence of ichthiozoonotic parasites, we worked with 120 samples of 3 varieties of fish in 4 places of sale through the technique of visual observation, finding a prevalence of 52.5%, Nery Garcia market 14.17%, Grau market 13.33%, Nazarene and Covadonga with 12.5% respectively, number of positives in beautiful 26, followed by horse mackerel with 23 positive samples and finally smooth with 14 positive. In the case of *Anisakis sp.* more in the market Grau 14 positives, followed by Nery Garcia 13 positives, Nazarenes 10 positives and finally in Covadonga 9 positives. As for *Diphylllobothrium sp.* in the Covadonga 9 positive market, followed by Nery Garcia 6 positive, Nazareno 5 positive and finally Grau 3 positive. The type of parasitism, in Nery Garcia monoparasitism *Anisakis sp.* 11 samples, *Diphylllobothrium sp.* 3 samples and Biparasitism *Anisakis sp.* + *Diphylllobothrium sp.* in 4 samples. in the market Grau monoparasitism *Anisakis sp.* 13 samples, *Diphylllobothrium sp.* 2 samples and Biparasitism *Anisakis sp.* + *Diphylllobothrium sp.* in 2 samples. in the Nazarene market monoparasitism *Anisakis sp.* 10 samples, *Diphylllobothrium sp.* 4 samples and Biparasitism *Anisakis sp.* + *Diphylllobothrium sp.* in 1 sample. in market Covadonga monoparasitism *Anisakis sp.* 7 samples, *Diphylllobothrium sp.* 8 samples and Biparasitism *Anisakis sp.* + *Diphylllobothrium sp.* in 1 sample.

Key words: Parasites, fish, prevalence.

INTRODUCCIÓN

En el Perú, existe una gran variedad de recursos hidrobiológicos cuyas investigaciones sobre parasitología han estado dirigidas principalmente hacia aspectos como la descripción taxonómica, el conocimiento de índices parasitarios y/o enfocados solo a algunos especímenes, como a nematodos y cestodos principalmente (Bermejo et al 2000; Pérez, 1997; Jara, 1995; Tantaleán y col 1982), sin embargo el conocimiento de la composición parasitaria de cada especie de peces es parcial, es por esta razón la necesidad de ampliar el estudio sobre la totalidad de parásitos que presentan los peces, sobre todo de las

pesquerías locales las cuales consumimos, así como conocer sobre la bioecología, la patología que presentan y más aún si éstos parásitos pueden ser transmitidos al hombre.

La mayoría de los peces, tanto en estado silvestre como en cautividad, se encuentran infestados por parásitos cuyas lesiones pasan inadvertidas en la mayoría de los casos. Sin embargo, las poblaciones de peces en cautividad, los parásitos causan a menudo, serios brotes de enfermedad, debido a las altas densidades mantenidas en esas condiciones que los favorecen, de forma que éstos pueden aumentar hasta un nivel muy alto y causar problemas. Muchas especies de parásitos son huéspedes de la mayoría de las especies en el

medio silvestre. Sin embargo, en las poblaciones mantenidas en cautividad, los parásitos causan a menudo serios brotes de enfermedad, específicos, al menos en cierto grado, y sólo son capaces de infestar a un número limitado de especies y pueden tener efectos muy distintos sobre cada una. Por eso hoy en día las ictiozoonosis son las enfermedades transmitidas al ser humano por bacterias, virus y parásitos, a través del consumo de pescado, productos pesqueros y productos de la acuicultura (Urribarren, 2010; Quijada y col 2010).

Las enfermedades transmitidas por consumo de alimentos de origen animal son consideradas un problema en salud pública. En el caso de los organismos acuáticos existen diversos agentes que pueden provocar enfermedades en los humanos si estos no son consumidos de manera adecuada. Dentro de estos agentes se encuentran los parásitos cuyo ciclo de vida en muchos de ellos requieren de los organismos acuáticos para llevar a cabo su ciclo, esto repercute en la salud humana, ya que al consumir la fase infectante del parásito provoca diversos trastornos en la salud de éste. Es importante que el Médico Veterinario se involucre en esta área con la finalidad de prevenir la presentación de enfermedad en el ser humano.

MATERIAL Y MÉTODOS

Lugar de ejecución: El presente trabajo de investigación se llevó en los principales lugares de venta de pescado como son mercado Nery García, Mercado Grau, Mercado Nazareno, Mercado Covadonga, se realizó el muestreo de 3 variedades de pescados. Como son: Jurel, Lisa y bonito. Luego se procedió a realizar el análisis en el Laboratorio de Parasitología Veterinaria.

De las muestras: Se trabajó con un total de 120 muestra, 30 de cada variedad durante los meses de abril a diciembre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Prevalencia de parásitos ictiozoonóticos de pescado crudo en principales lugares de venta.

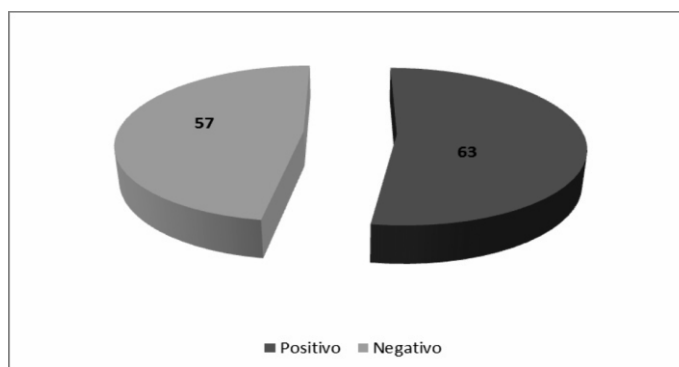


Gráfico 1. Prevalencia de parásitos ictiozoonóticos en pescado.

En el gráfico 1 se muestra la prevalencia de parásitos en pescado con 63 (52,5%) positivos y 57 (47,5%) negativos. Estos resultados resultan ser similares a los reportados por Serrano y col, (2017) quien en su estudio tuvo como objetivo evaluar la presencia de parásitos en cinco especies de peces marinos (*Sarda chiliensis chiliensis* (bonito), *Scomber japonicus peruanus* (caballa), *Trachurus picturatus murphyi*

Metodología

Técnicas visuales

Los principales métodos que se han utilizado clásicamente para la detección de parásitos en el pescado son los controles visuales, la transiluminación con UV y luz blanca y la microscopía clásica (NTON 03004-98).

a. Examen visual simple

Antes de que se destinen al consumo humano, los pescados y productos a base de pescado deben ser sometidos a un control visual por sondeo para la detección de parásitos visibles. Esta inspección tiene como objetivo obtener una primera información de cualquier parásito en el pescado que por su tamaño permita ser detectado a simple vista antes de su puesta en el mercado. Algunos parásitos pueden detectarse en un primer momento mediante inspección visual simple. Este examen visual es un método más sencillo de detección de parásitos y está basado en la búsqueda de parásitos en vísceras y musculatura del pescado. A pesar de ser un método muy sencillo y de no requerir de personal especializado para su realización, no es un método muy fiable ya que no es muy eficaz y no distingue entre parásitos vivos y muertos (NTON 03004-98).

b. Transiluminación

La transiluminación consiste en exponer el pescado, generalmente fileteado, a un haz de luz blanca o luz UV, teniendo en cuenta que ante la presencia de parásitos, estos se mostrarán opacos, facilitando así su eliminación. Esta es una técnica rápida y de bajo costo ya que no requiere ni maquinaria ni personal especializado pero se ha demostrado que es una técnica con baja eficacia y subjetiva ya que la detección siempre estará condicionada por parámetros propios de la muestra como el grosor del filete, la presencia o ausencia de piel, el contenido en aceite y sobre todo la experiencia del operador (NTON 03004-98).

(jurel), *Mugil cephalus* (lisa) y *Coryphaena hippurus* (perico) destinados al consumo humano. Se utilizaron 150 peces (30 por especie) procedentes de los terminales pesqueros de Chorrillos y Villa María del Triunfo en la provincia de Lima, Perú, entre enero y marzo de 2014, habiendo una mayor prevalencia en lisa (86.7%), seguida de perico (76.7%).

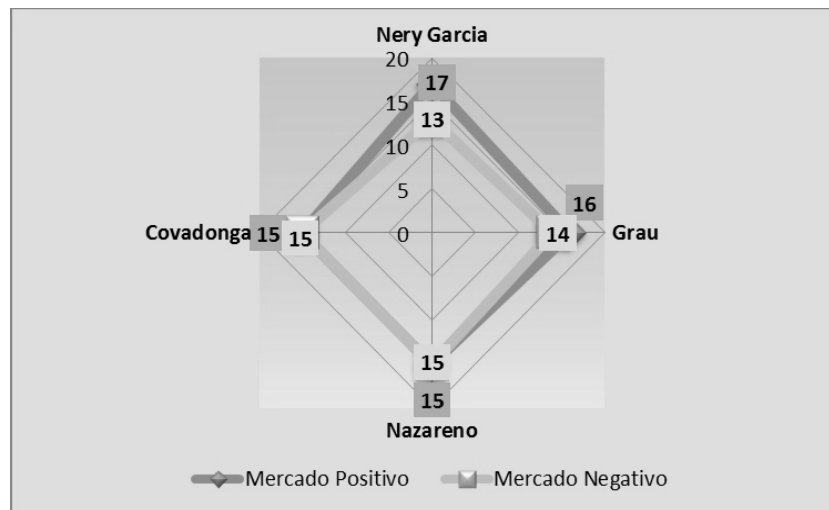


Gráfico 2. Prevalencia de parásitos ictiozoonóticos en pescado en principales lugares de venta.

En el gráfico 2 se muestra la prevalencia de parásitos y en pescado en los principales lugares de venta, se encontró en el mercado Nery García una mayor prevalencia con 17 positivos que representa el 14,17%, seguido del mercado Grau con 16 positivos (13,33%), seguido de Nazareno y Covadonga con 15 positivos (12,5%) respectivamente.

Estudios realizados a nivel nacional e internacional demuestran la presencia de especies parasitarias en los recursos hidrobiológicos (Pérez et al., 1999; Llerena et al., 2001; Cabrera et al., 2002; Iannacone, 2004; Aragort 2006; Iannacone y Alvarino, 2009; Vásquez-Ruiz y Jara-Campos, 2012; Chero et al., 2014). El parasitismo en peces ocasiona pérdidas socioeconómicas, ya sea por la transmisión al humano de patógenos de importancia en salud pública como el *Anisakis sp* y *Diphyllotrichium pacificum*, o aquellas que, al estar presentes, pueden ocasionar el deterioro o daño del

producto, el cual debe ser descartado de las líneas de comercio o producción, según lo establece la normativa sanitaria vigente. Un ejemplo de ello es la normativa peruana que establece consideraciones sanitarias durante las operaciones de procesamiento del pescado fresco previo a la congelación y del pescado que será sometido al proceso de curado. Una de estas indica que el pescado que se encuentre parasitado se descartará de la línea de proceso (Decreto Supremo N° 040-2001-PE). Es de interés nacional mantener actualizada la data de la fauna parasitaria presente en las especies hidrobiológicas destinadas al consumo humano directa o indirectamente, con la finalidad de establecer programas sanitarios y recomendaciones para garantizar la inocuidad de los productos. En tal sentido, el objetivo del presente estudio fue evaluar la presencia de parásitos en cinco especies de peces marinos destinados al consumo humano directo.

2. Parásitos ictiozoonóticos en pescado crudo en principales lugares de venta.

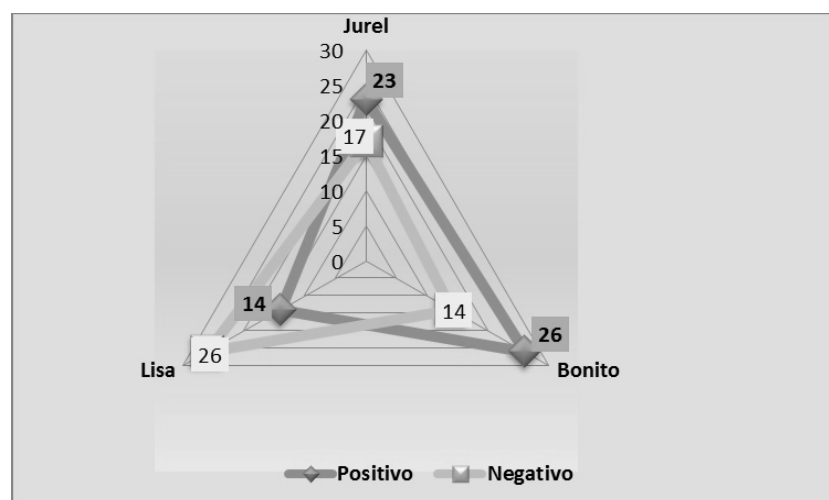


Gráfico 3. Parásitos ictiozoonóticos en pescado en principales lugares de venta.

En el gráfico 3 se muestra la prevalencia de parásitos en pescados, se analizó 30 muestras de cada especie de pescado, donde se encontró la mayor cantidad de positivos en el bonito con 26, seguido del jurel con 23 muestras positivas y

finalmente la lisa con 14 positivas. Los principales focos contaminantes de los pescados, siendo estos la tabla de picar, los cuchillos, las mesas y paredes y las propias manos de los vendedores.

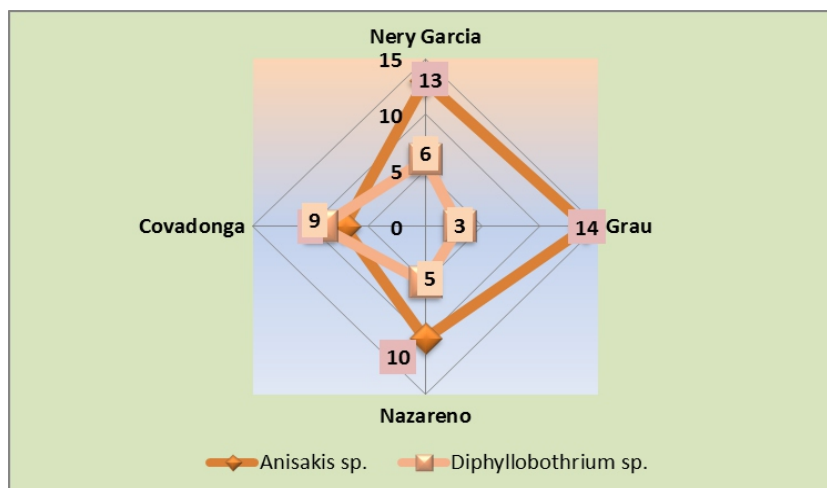


Gráfico 4. Parásitos ictiozoonóticos en pescado en principales lugares de venta.

En el gráfico 4 se muestra la presencia de parásitos en los principales lugares de venta, para el caso de *Anisakis sp.* se tiene mayor cantidad en el mercado Grau con 14 positivos, seguido de Nery Garcia con 13 positivos, Nazarenos con 10 positivos y finalmente en Covadonga con 9 positivos a *Anisakis sp.* En cuanto al *Diphylllobothrium sp.* el mayor número en el mercado Covadonga con 9 positivos, seguido de Nery Garcia con 6 positivos, Nazareno con 5 positivos y finalmente Grau con 3 positivos para *Diphylllobothrium sp.* Resultados diferentes a los nuestros reporto Serrano y col, (2017). Se utilizaron 150 peces (30 por especie) procedentes de los terminales pesqueros de Chorrillos y Villa María del Triunfo en la provincia de Lima, Perú, entre enero y marzo de 2014. Se encontraron 13 especies de parásitos: monogéneos (*Monocotyle sp.*), digéneos (*Dinurus sp.*), protozoos (*Henneguya sp.*), acantocéfalo (*Rhadinorhynchus sp.*), cestodos (*Diphylllobothrium pacificum*, *Hepatoxylon trichiuri*, *Tentacularea coryphaenae*, *Nybelinia sp.*), nematodos (*Anisakis simplex*, *Anisakis physeteris*, *Contracaecum sp.*, *Proleptus sp.*) y artrópodos (*Caligus sp.*). Los parásitos más frecuentes fueron *Hepatoxylon trichiuri*, *Nybelinia sp.* y *Proleptus sp.* Asimismo, se encontraron parásitos de importancia en salud pública, como el *Anisakis sp.* en todas las especies, a excepción de la lisa, y del

Diphylllobothrium pacificum en bonito y perico. Por otra parte Quiroz (2014) investigó en 132 ejemplares de *Trachurus picturatus murphyi* (jurel), procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo, analizados durante el periodo de Enero a Marzo del 2013. Se reportan 6 especies; copépodo *Lernanthropus trachuri* (P=47.73%, II=9, IMI=1.94, A=0.92); isópodo *Ceratothoa gaudichaudii* (P=4.55%, II=3, IMI=2.17, A=0.10); cestodos *Tentacularea coryphaenae* (P=20.45%, II=2, IMI=1.07, A=0.22) y *Diphylllobothrium sp.* (P= 0.76%; II=1; IMI=1; A= 0.01); nematode *Anisakis sp.* (P=19.70%; II=3; IMI=1.35; A=0.27); coccidio *Eimeria sp.* (P=100%) y larvas de cestodos (tres) que no pudieron ser identificados (P=1.52%; II=3; IMI=2; A= 0.03). Se destaca la presencia de las larvas *Diphylllobothrium sp.* y *Anisakis sp.* (presentes en el tejido muscular), por su relación con la zoonosis y cuya principal transmisión se da por el consumo de pescado crudo o insuficientemente cocido, infectado por dichas larvas. Resultados que son similares a los nuestros. Los parásitos, que se encontraron fueron dos parásitos principales que afectan a peces, el *Anisakis, spp.* y el *Diphylllobothrium spp.*, si bien no van a causar daños graves en la salud de la población, si causan molestias estomacales, repercutiendo en la salud.

3. Tipo de parasitismo ictiozoonótico en pescado crudo en principales lugares de venta.

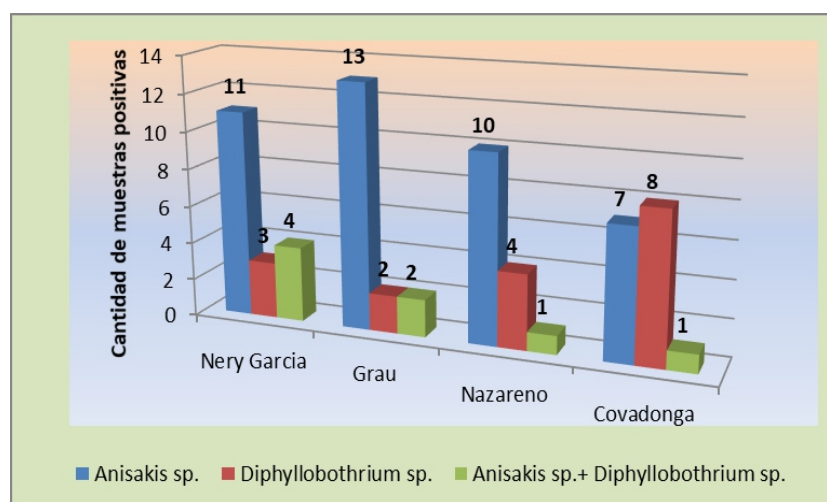


Gráfico 5. Tipo de parasitismo en pescado en principales lugares de venta.

En el gráfico 5 podemos observar el tipo de parasitismo, se encontró en Nery García monoparasitismo *Anisakis sp.* 11 muestras, *Diphyllobothrium sp.* 3 muestras y el Biparasitismo *Anisakis sp.* + *Diphyllobothrium sp.* en 4 muestras. En mercado Grau monoparasitismo *Anisakis sp.* 13 muestras, *Diphyllobothrium sp.* 2 muestras y Biparasitismo *Anisakis sp.* + *Diphyllobothrium sp.* en 2 muestras. En mercado Nazareno monoparasitismo *Anisakis sp.* 10 muestras, *Diphyllobothrium sp.* 4 muestras y el Biparasitismo *Anisakis sp.* + *Diphyllobothrium sp.* en 1 muestra. En mercado Covadonga monoparasitismo *Anisakis sp.* 7 muestras, *Diphyllobothrium sp.* 8 muestras y el Biparasitismo *Anisakis sp.* + *Diphyllobothrium sp.* en 1 muestra. Resultados diferentes a los nuestros reporto Serrano y col (2017) con objetivo evaluar la presencia de parásitos en cinco especies de peces marinos, reporto que el 61.3% de los especímenes presentaron al menos un parásito, habiendo una mayor prevalencia en lisa (86.7%), seguida de perico (76.7%). Asimismo, se encontraron parásitos de importancia en salud pública, como el *Anisakis sp.* en todas las especies, a excepción de la lisa, y del *Diphyllobothrium pacificum* en bonito y perico. Así mismo Quiroz (2014) encontró resultados al análisis de 132 ejemplares de *Trachurus picturatus murphyi* (jurel), procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo, analizados durante el periodo de Enero a Marzo del 2013. Los parásitos hallados fueron contabilizados para determinar prevalencia (P), Se destaca la presencia de las larvas *Diphyllobothrium sp.* y *Anisakis sp.* (presentes en el tejido muscular), por su relación con la zoonosis y cuya principal transmisión se da por el consumo de pescado crudo o insuficientemente cocido, infectado por dichas larvas.

Conclusiones

La prevalencia de parásitos en pescado con 63 (52,5%) positivos y 57 (47,5%) negativos.

La prevalencia de parásitos en pescado en los principales lugares de venta, se encontró en el mercado Nery García una mayor prevalencia con 17 positivos que representa el 14,17%, seguido del mercado Grau con 16 positivos (13,33%), seguido de nazareno y Covadonga con 15 positivos (12,5%) respectivamente.

La prevalencia de parásitos en pescados, se analizó 30 muestras de cada especie de pescado, donde se encontró la mayor cantidad de positivos en el bonito con 26, seguido del jurel con 23 muestras positivas y finalmente la lisa con 14 positivas.

La presencia de parásitos en los principales lugares de venta, para el caso de *Anisakis sp.* se tiene mayor cantidad en el mercado Grau con 14 positivos, seguido de Nery García con 13 positivos, Nazarenos con 10 positivos y finalmente en Covadonga con 9 positivos a *Anisakis sp.* En cuanto al *Diphyllobothrium sp.* el mayor número en el mercado Covadonga con 9 positivos, seguido de Nery García con 6 positivos, Nazareno con 5 positivos y finalmente Grau con 3 positivos para *Diphyllobothrium sp.*

El tipo de parasitismo, se encontró en Nery García monoparasitismo *Anisakis sp.* 11 muestras, *Diphyllobothrium sp.* 3 muestras y el Biparasitismo

Anisakis sp. + *Diphyllobothrium sp.* en 4 muestras. En mercado Grau monoparasitismo *Anisakis sp.* 13 muestras, *Diphyllobothrium sp.* 2 muestras y Biparasitismo *Anisakis sp.* + *Diphyllobothrium sp.* en 2 muestras. En mercado Nazareno monoparasitismo *Anisakis sp.* 10 muestras, *Diphyllobothrium sp.* 4 muestras y el Biparasitismo *Anisakis sp.* + *Diphyllobothrium sp.* en 1 muestra. En mercado Covadonga monoparasitismo *Anisakis sp.* 7 muestras, *Diphyllobothrium sp.* 8 muestras y el Biparasitismo *Anisakis sp.* + *Diphyllobothrium sp.* en 1 muestra.

AGRADECIMIENTO

A Sulma Hinostroza Palomino y Miguel Rodríguez Quispe, por su colaboración para el presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cabrera, R. Coronado, C., Ampuero, S. 1994. Parásitos de Otáridos de la costa peruana y su importancia sanitaria. Boletín de Lima. 16 (91-96): 77-80.

Chero, J., Sáez, G., Iannacone, J., Aquino, W. 2014. Aspectos ecológicos de los helmintos parásitos de lorna *Sciaena deliciosa* (Tschudi, 1846) (Perciformes: Sciaenidae) adquiridos del Terminal Pesquero de Ventanilla, Callao, Perú. Neotrop. Helminthol., 8(1):59-76. ISSN: 1995-1043 on line.

Serrano, M., Quispe, M., Hinostroza, E., Plasencia, L. 2017. Detección de Parásitos en Peces Marinos Destinados al Consumo Humano en Lima Metropolitana.

Jara, C. 1995. Prevalencia e intensidad de parasitismo por helmintos en cuatro especies de peces de la zona norte del mar peruano. Revista peruana de parasitología 13: 76-83, 1998

Llerena C, Chávez, A y Casas A. 2001. Frecuencia de larvas *Diphyllobothriidae* y larvas *Anisakidae* en peces marinos comerciales del terminal pesquero de Ventanilla – Callao. Revista de Investigaciones del Perú, vol.12, pp. 45-48.

Quiroz G. 2014. Estudio de la parásitofauna en el jurel (*Trachurus picturatus murphyi*, chirichigno y Vélez 1998), con énfasis en zoonosis parasitaria tesis para optar al título de ingeniero pesquero Lima- Perú la molina.

Norma NTON 03004-98 Modalidades de control visual para detectar parásitos en productos pesqueros.

Pérez, I; Chávez, A; Casas, E.1999. Presencia de formas parasitarias en peces comerciales del mar peruano. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 10v. 4p.

Pérez-Pérez J, Fernández-Caldas E, Maraño F, Sastre J, Vernal ML, Rodríguez Bedate CA. 2000. Molecular cloning of paramyosin, a new allergen of *Anisakis simplex*. Int Arch Allergy Immunol; 123:120-129.

Quijada J, Lima DS C, Avdalov N. 2010. Enfermedades parasitarias por consumo de pescado. Incidencia en América

Latina. Infopesca Internacional; 24:17-23. [Citado: 2010 febrero 1º] Disponible en URL:
ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/IIsimcope/palestra_nelson_avdalov.pdf

Quijada. J. Avdalov. N. Lima dos Santos, CA. 2005. Presencia de Ictiozoonosis en países de Latinoamérica enfermedades parasitarias por consumo de pescado. Incidencia en América Latina. (en línea). INFOPECA INTERNACIONAL n° 24 : 16 - 2. Consultado_12mar_2013. Disponible en: http://www.simcope.com.br/II_Simcope/pdf/palestra_nelson_avdalov.pdf.

Tantaleán, M., Huiza, A. 1984. La *Diphyllbothriasis* y su epidemiología en el Perú. Los hospederos paraténicos de *Diphyllbothrium pacificum*. Bol Med Trop UNMSM (Lima) 3:3-4.

Uribarren BT. 2010. Recursos en Parasitología. Paragonimosis Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. [Citado: 2010 febrero 1º]. Disponible en URL:
<http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/parasitologia/trematodos/paragonimosis.php>.

DOSIS DE GALLINAZA PROCESADA EN RENDIMIENTO Y CALIDAD DE MAZORCA DE VARIEDADES DE *Zea mays* L. AYACUCHO, 2018

Rolando Bautista Gómez

Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Agrarias
Programa de Investigación en Cultivos Alimenticios - Área de Investigación en Maíz Morado
E-mail: rolando.bautista@unsch.edu.pe

RESUMEN

El experimento se realizó en el Centro Experimental Canaán propiedad de la Universidad de Huamanga-Ayacucho, con el objetivo de determinar la dosis de gallinaza procesada Terrasur que reporte el mayor rendimiento de mazorca y mayor índice de tinción en tres variedades de maíz morado. Se utilizó tres variedades (INIA 601, INIA 615 y PMV 581) y cuatro dosis de gallinaza Terrasur (00, 1.0, 2.0 y 3.0 t.ha⁻¹). Se utilizó el diseño estadístico de Bloque Completo Randomizado aleatorizado mediante el Diseño de Parcelas Dividas, adjudicándose la variedad a las parcelas y dosis de gallinaza Terrasur a las subparcelas, estableciéndose 03 repeticiones y 12 tratamientos. El distanciamiento entre surcos fue de 0.80 m y 0.40 m entre golpes con 3 plantas por golpe y 4 surcos por subparcela. De los resultados obtenidos se tiene las siguientes conclusiones: La mayor longitud de mazorca se obtuvo con la variedad PMV 581 con 12.7 cm, el diámetro de mazorca y peso de tusa se incrementa conforme se incrementa la cantidad de gallinaza Terrasur, obteniéndose 3.56, 3.67, 3.71 y 3.89 cm de diámetro de mazorca y 13.7, 13.9, 14.3 y 15.1 gr, de peso de tusa con 0.0, 1.0, 2.0 y 3.0 t.ha⁻¹ de gallinaza Terrasur, respectivamente. El mayor peso de mazorca se obtuvo con la variedad INIA 615 con 131.2 gr, y ésta se incrementa conforme se incrementa la dosis de gallinaza Terrasur. El mayor rendimiento de mazorca se obtuvo con la variedad INIA 615 con 4 093 kg.ha⁻¹ y con la dosis 3.0 t.ha⁻¹ de gallinaza Terrasur. El índice de tinción varía de 4.11 a 4.73. La mayor rentabilidad se obtuvo con los tratamientos T₈ y T₄ (Variedad INIA 615 y MV 581 con 3.0 t.ha⁻¹ de gallinaza Terrasur) con 207.1 y 170.3% respectivamente.

Palabras clave: Variedades de maíz morado, dosis de gallinaza, contenido de antocianina.

DOSE OF GALLINAZA TERRASUR PROCESSED CHIKEN MANURE IN YIELD AND QUALITY OF CROWNED OF VARIETIES OF *Zea mays* L. AYACUCHO, 2018

ABSTRACT

The experiment was carried out at the Canaán Experimental Center owned by the University of Huamanga-Ayacucho, with the objective of determining the dose of Terrasur processed chicken manure that reported the highest crowned yield and highest staining index in three varieties of purple corn. Three varieties were used (INIA 601, INIA 615 and PMV 581) and four dose of Terrasur chicken manure (00, 1.0, 2.0 and 3.0 t.ha⁻¹). The randomized Randomized Complete Block statistical design was used through the Design of Divided Plots, the variety being awarded to the plots and dose of Terrasur chicken manure to the subplots, establishing 03 repetitions and 12 treatments. The distance between rows was 0.80 m and 0.40 m between strokes with 3 floors per stroke and 4 rows per subplot. From the results obtained, the following conclusions are reached: The longest cob length was obtained with the PMV 581 variety with 12.7 cm, the diameter of the crowned and the weight of increases as the amount of Terrasur chicken manure increases, obtaining 3.56, 3.67, 3.71 and 3.89 cm in diameter of cob and 13.7, 13.9, 14.3 and 15.1 gr, weight of with 0.0, 1.0, 2.0 and 3.0 t.ha⁻¹ of Terrasur chicken manure, respectively. The highest ear weight was obtained with the INIA 615 variety with 131.2 gr, and this increases with increasing dose of Terrasur chicken manure. The highest ear yield was obtained with the INIA 615 variety with 4 093 kg.ha⁻¹ and with the dose of 3.0 t.ha⁻¹ of Terrasur chicken. The staining index varies from 4.11 to 4.73. The highest profitability was obtained with treatments T₈ and T₄ (Variety INIA 615 and MV 581 with 3.0 t.ha⁻¹ of Terrasur chicken) with 207.1 and 170.3% respectively.

Key words: Varieties of purple corn, dose of chicken manure processed, anthocyanin content.

INTRODUCCIÓN

El Perú goza de condiciones geográficas y climáticas propicias para el cultivo de maíz morado y constituye uno de los principales productores y exportadores en el mundo (Sierra Exportadora, 2011), sin embargo, en la región Ayacucho, el cultivo se practica eminentemente en sistemas de agricultura familiar y semi intensivo con procesos y/o tecnologías ancestrales, lo cual se traduce en baja productividad y bajo contenido de antocianinas en la tusa y

grano. Estudios recientes han demostrado que la antocianina de maíz morado actúa como un poderoso antioxidante natural, que previene la degeneración de algunas células del cuerpo y ayuda en la prevención del cáncer, arterioesclerosis, diabetes y artritis, además de reducir la presión arterial y el colesterol en la sangre.

Los rendimientos promedios de los cultivos en general y del maíz morado en particular son muy bajos, debido entre otros factores por la baja fertilidad de los suelos y el

desconocimiento de la variedad mejor adaptada a la región, por lo que es importante el uso de abonos orgánicos, entre ellos la gallinaza Terrasur, cuya composición muestra una gran riqueza y diversidad de macro y micro elementos esenciales que aseguran una nutrición equilibrada y completa del cultivo, favoreciendo la parte física y actividad microbiana del suelo, además, la materia orgánica más que un aportador de nutrientes es considerado como un mejorador de la parte física y biológica del suelo, haciendo más disponible para la planta, los nutrientes existentes en el suelo. Por ello es importante realizar ensayos de rendimiento en variedades que mejor se adapten a la zona de estudio en interacción con niveles de abonos orgánicos baratos, disponibles y sostenibles.

Por las consideraciones expuestas, se plantea la ejecución del presente experimento con la finalidad de alcanzar los siguientes objetivos:

- Determinar la dosis de gallinaza procesada Terrasur que reporte el mayor rendimiento de mazorca en tres variedades de maíz morado.
- Determinar la dosis de abono orgánico Terrasur que reporte el mayor índice de tinción en tres variedades de maíz morado.
- Estudiar el mérito económico de los tratamientos en estudio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material

El experimento se realizó en el Centro Experimental de Canaán, ubicado en el distrito de Andrés Bello Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga y región Ayacucho a las coordenadas de 13° 43' 33" Latitud Sur, 74° 32' Longitud Oeste y a una altitud de 2750 msnm. La pendiente del terreno varía de 1 – 1.5% y es clasificado ecológicamente como Bosque Seco Montano Bajo Subtropical.

El suelo del lugar del experimento, posee un pH ligeramente ácido, contenido de materia orgánica bajo, contenido de nitrógeno total pobre, contenido de fósforo disponible alto y potasio disponible medio. Según el análisis físico del suelo es clasificado como un suelo de textura franco arcilloso y por las características físicas y químicas que presenta, este suelo es considerado apropiado para el cultivo de maíz morado.

La temperatura máxima, media, mínima fueron de 23.92,

16.32 y 9.06 °C, respectivamente y la precipitación total durante el periodo comprendido entre el mes de setiembre a diciembre de 2017 y enero a agosto de 2018 alcanzó los 554.23 mm, que es considerado como un año con buena humedad para la región sierra.

El estudio corresponde a la utilización de tres variedades de maíz (PMV – 581, INIA - 615 Negro Canaán e INIA - 601 Negro Cajamarca) y la aplicación de dosis de gallinaza Terrasur (0.0, 1.0, 2.0 y 3.0 t.ha⁻¹). Para la distribución de las unidades experimentales se utilizó el diseño estadístico de Bloque Completo Randomizado aleatorizado mediante el Diseño de Parcelas Dividas, adjudicándose la variedad a las parcelas y niveles de gallinaza Terrasur a las subparcelas, estableciéndose 03 repeticiones y 12 tratamientos. Para el análisis estadístico se realizaron los análisis de varianza y luego la prueba de Tukey.

Métodos

La preparación del terreno se realizó el 14 de noviembre del 2017 utilizando un tractor agrícola. La aplicación de la gallinaza Terrasur y la siembra se realizó el 19 de diciembre del 2017, depositando tres semillas por golpe y con una densidad de siembra de 25 kg.ha⁻¹, en surcos distanciados a 0.8 m y 0.40 m entre golpes. La gallinaza Terrasur se incorporó previo a la siembra de acuerdo a las dosis establecidas, al fondo del surco y a chorro continuo y luego se cubrió con una ligera capa de suelo, para evitar el contacto directo con las semillas. El control de malezas y el raleo se realizó el 10 de enero de 2018 a los 22 días después de la siembra. El control de plagas y enfermedades se realizaron el 10 y 27 de febrero y el 10 de marzo de 2018. La cosecha se culminó el 30 de mayo del 2018 a los 150 días después de la siembra.

Se evaluaron las variables de longitud y diámetro de mazorca, peso de tusa y mazorca, rendimiento de mazorca e índice de tinción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracteres de productividad

Longitud de mazorca

En la tabla 3.1 se muestra el ANVA de la longitud de mazorca de tres variedades de maíz en cuatro dosis de gallinaza Terrasur, donde se observa que existe alta significación estadística en la fuente de variación de las dosis de gallinaza Terrasur, con un coeficiente de variabilidad de 3.55%.

Tabla 1. ANVA de la longitud de mazorca de tres variedades de maíz en cuatro dosis de gallinaza Terrasur. Canaán 2750 msnm Ayacucho.

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	P> F
Bloque	2	0,01653889	0,00826944	0,01	0,99 ns
Variedad (V)	2	1,95013889	0,97506944	1,19	0,3923 ns
Error (a)	4	3,26911111	0,81727778		
Dosis Terrasur (D)	3	7,166675	2,38889167	14,22	<.0001 **
Interacción (VxD)	6	3,89861667	0,64976944	3,87	0,0118 ns
Error (b)	18	3,02428333	0,16801574		
Total	35	19,32536389			

C.V. = 3,55%

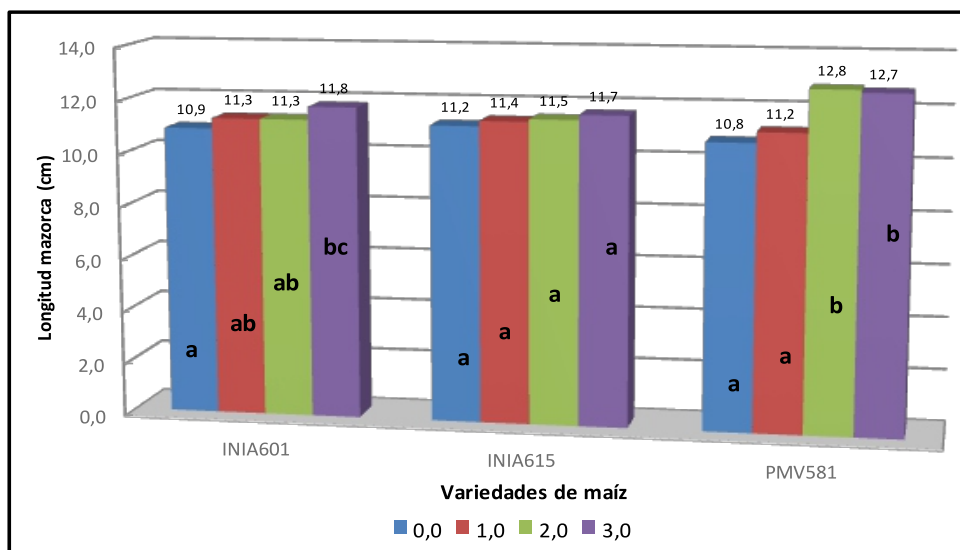


Figura 1. Prueba de Tukey del efecto simple de cuatro dosis de gallinaza Terrasur y tres variedades de maíz sobre de la longitud de mazorca. Canaán 2750 msnm Ayacucho.

En la figura 1 se muestra la prueba de Tukey del efecto simple de cuatro dosis de gallinaza Terrasur y tres variedades de maíz sobre la longitud de mazorca, donde se observa que en las tres variedades en estudio la longitud de mazorca se incrementa conforme se incrementa la cantidad de gallinaza Terrasur. La longitud de mazorca en la variedad INIA 601, INIA 615 y PMV 581 varía de 10.9 a 11.8, de 11.2 a 11.7 y de 10.8 a 12.7 cm, respectivamente, alcanzando la mayor altura con la variedad PMV 581 con 12.7 cm.

Arango (2012) señala haber obtenido una longitud promedio de mazorca de 17.54 a 16.72 cm con una fertilización de 2000 kg de guano de isla.ha⁻¹ más 200 kg de N.ha⁻¹ y 1000 kg de guano de isla.ha⁻¹ con 200 kg de N.ha⁻¹.

Solís (2011) menciona que el maíz morado de la variedad Negro Canaán, presenta una longitud promedio de mazorca de 15.3 cm y 14.9 cm con una fertilización de 200 – 90 – 200 de NPK y 150 – 70 – 150 de NPK, con un distanciamiento de

siembra de 0.50 m entre golpes y 0.80 m entre surco.

Paucarima (2007) señala haber obtenido una longitud promedio de mazorca de 13.76 cm con una fertilización de 290 – 140 – 240 de NPK.

Los valores obtenidos en el presente experimento son inferiores a lo reportado por los autores anteriormente citados y ello posiblemente se debe a que las condiciones edafoclimáticas del lugar del experimento y toda vez que las precipitaciones han sido irregulares durante el periodo de conducción del experimento.

Diámetro de mazorca

En la tabla 2 se muestra el ANVA del diámetro de mazorca de tres variedades de maíz en cuatro dosis de gallinaza Terrasur, donde se observa que existe alta significación estadística en la fuente de variación dosis de gallinaza Terrasur, con un coeficiente de variabilidad de 4.35%.

Tabla 2. ANVA del diámetro de mazorca de tres variedades de maíz en cuatro dosis de gallinaza Terrasur. Canaán 2750 msnm Ayacucho.

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	P > F
Bloque	2	0,04860556	0,02430278	2,05	0,2442 ns
Variedad (V)	2	0,01043889	0,00521944	0,44	0,672 ns
Error (a)	4	0,04747778	0,01186944		
Dosis Terrasur (D)	3	0,52463056	0,17487685	6,66	0,0032 **
Interacción (VxD)	6	0,21062778	0,03510463	1,34	0,2916 ns
Error (b)	18	0,47231667	0,02623981		
Total	35	1,31409722			

C.V. = 4,35%

En la figura 2 se muestra la prueba de Tukey del efecto principal de cuatro dosis de gallinaza Terrasur sobre el diámetro de mazorca de maíz, donde se observa que el diámetro de mazorca se incrementa conforme se incrementa

la cantidad de gallinaza Terrasur, obteniéndose 3.56, 3.67, 3.71 y 3.89 cm de diámetro de mazorca con 0.0, 1.0, 2.0 y 3.0 t.ha⁻¹ de gallinaza Terrasur, respectivamente.

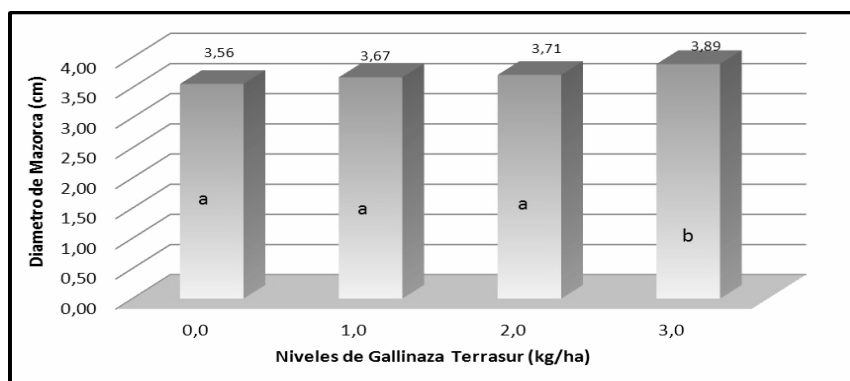


Figura 2. Prueba de Tukey del efecto principal de cuatro dosis de gallinaza Terrasur sobre el diámetro de mazorca de maíz. Canaán 2750 msnm Ayacucho.

Arango (2012) señala haber obtenido un diámetro promedio de mazorca de 5.097 cm a 4.810 cm con una fertilización de 2000 kg de guano de isla.ha⁻¹ más 200 kg de N.ha⁻¹, 2000 kg de guano de isla.ha⁻¹ más 100 kg de N.ha⁻¹, 1000 kg de guano de isla.ha⁻¹ más 200 kg de N.ha⁻¹ y 200 kg de N.ha⁻¹. Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación son ligeramente inferiores a los resultados obtenidos por Arango (2012) el cual se puede atribuir a las condiciones

edafoclimáticas del lugar del experimento.

Peso de tusa

En la tabla 3 se muestra el ANVA del peso de tusa de tres variedades de maíz en cuatro dosis de gallinaza Terrasur, donde se observa que existe alta significación estadística en la fuente de variación dosis de gallinaza Terrasur, con un coeficiente de variabilidad de 2.57%.

Tabla 3. ANVA del peso de tusa de tres variedades de maíz en cuatro dosis de gallinaza Terrasur. Canaán 2750 msnm Ayacucho.

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	P> F
Bloque	2	3,73167222	1,86583611	0,9	0,4756 ns
Variedad (V)	2	12,16807222	6,08403611	2,93	0,1642 ns
Error (a)	4	8,29194444	2,07298611		
Dosis Terrasur (D)	3	10,32018611	3,44006204	25,57	<.0001 **
Interacción (VxD)	6	1,33810556	0,22301759	1,66	0,1889ns
Error (b)	18	2,42138333	0,1345213		
Total	35	38,27136389			

C.V. = 2,57%

En la figura 3 se muestra la prueba de Tukey del efecto principal de cuatro dosis de gallinaza Terrasur sobre el peso de tusa de maíz, donde se observa que el peso de tusa se incrementa conforme se incrementa la cantidad de gallinaza

Terrasur, obteniéndose 13.7, 13.9, 14.3 y 15.1 gr, de peso de tusa con 0.0, 1.0, 2.0 y 3.0 t.ha⁻¹ de gallinaza Terrasur, respectivamente.

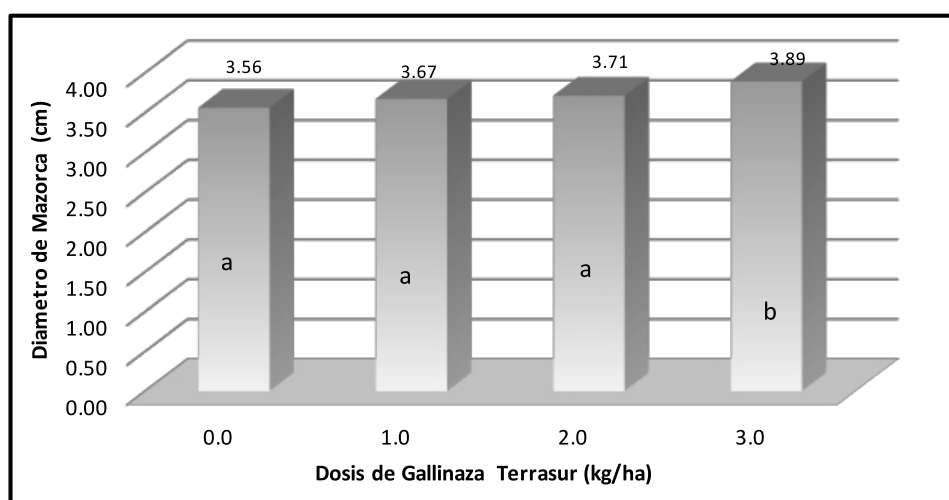


Figura 3. Prueba de Tukey del efecto principal de cuatro dosis de gallinaza Terrasur sobre el peso de tusa de maíz. Canaán 2750 msnm Ayacucho.

Rendimiento de mazorca

En la tabla 3 se muestra el ANVA del rendimiento de mazorca de tres variedades de maíz en cuatro dosis de gallinaza Terrasur, donde se observa que existe alta significación

estadística en la fuente de variación de variedades, dosis de gallinaza Terrasur y en la interacción de variedades y dosis de gallinaza Terrasur, con un coeficiente de variabilidad de 2.16%.

Tabla 4. ANVA del rendimiento de mazorca de tres variedades de maíz en cuatro dosis de gallinaza Terrasur. Canaán 2750 msnm Ayacucho.

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	P > F
Bloque	2	0,02435	0,012175	2,29	0,217 ns
Variedad (V)	2	2,36581667	1,18290833	222,84	<.0001 **
Error (a)	4	0,02123333	0,00530833		
Dosis Gallinaza (D)	3	3,13418611	1,0447287	208,75	<.0001 **
Interacción (VxD)	6	0,11800556	0,01966759	3,93	0,011 **
Error (b)	18	0,09008333	0,00500463		
Total	35	5,753675			

C.V. = 2,16

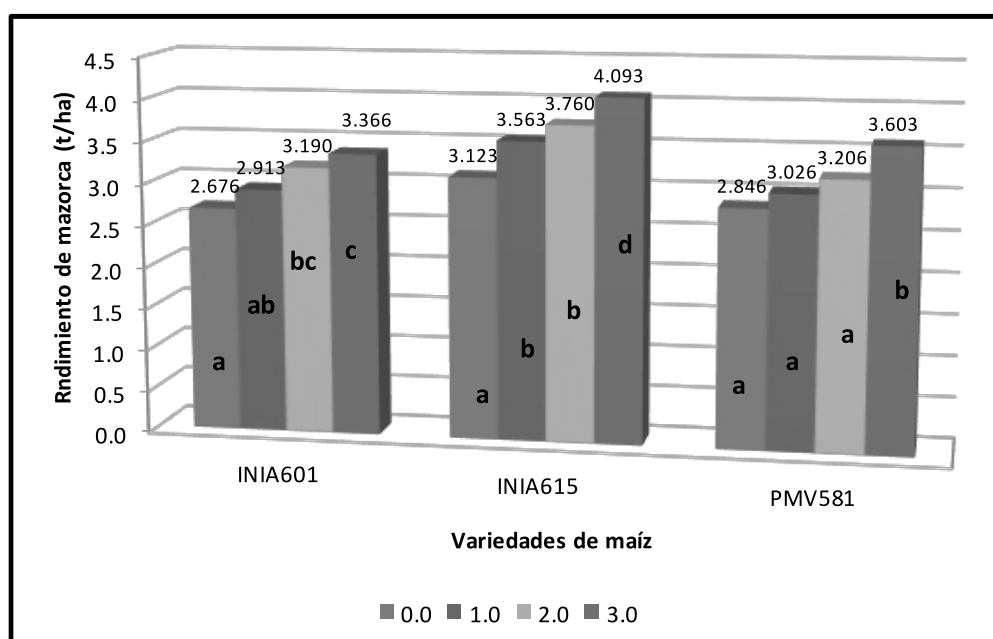


Figura 4. Prueba de Tukey del efecto simple de cuatro dosis de gallinaza Terrasur y tres variedades de maíz sobre el rendimiento de mazorca. Canaán 2750 msnm Ayacucho.

En la figura 4 se muestra la prueba de Tukey del efecto simple de cuatro dosis de gallinaza Terrasur y tres variedades de maíz sobre el rendimiento de mazorca, donde se observa que los rendimientos se incrementan conforme se incrementan las dosis de gallinaza Terrasur. El rendimiento de mazorca en la variedad INIA 601, INIA 615 y PMV 581 varía de 2 676 a 3 336, de 3 123 a 4 093 y de 2 846 a 3 603 kg.ha⁻¹ de mazorca de maíz morado, respectivamente, alcanzando el mayor rendimiento con la variedad INIA 615 con 4 093 kg.ha⁻¹ y con la dosis de 3.0 t.ha⁻¹ de gallinaza Terrasur.

Paucarima (2007), menciona que el maíz morado variedad PMV – 581, presenta un rendimiento total de mazorcas con 30 % de humedad de 12.39 t.ha⁻¹ con una fórmula de fertilización de 290 – 140 – 240 de NPK y un distanciamiento de siembra de 0.14 m entre plantas y 0.80 m entre surcos.

Solís (2011), con 14 a 16 % de humedad de mazorcas obtiene

un rendimiento total de 10.5 t.ha⁻¹ con una fórmula de fertilización de 200 – 90 – 200 de NPK.

Huamán (2007), obtiene un rendimiento total de mazorcas de 8.90 t.ha⁻¹ con la mayor aplicación de 3 t.ha⁻¹ de guano de isla. Arango (2012), menciona que el maíz morado de la variedad Negro Canaán, presenta un rendimiento total de mazorcas de 8.148 t.ha⁻¹ con una fertilización de (2000 kg de guano de isla.ha⁻¹ y 200 kg de N.ha⁻¹), (2000 kg de guano de isla.ha⁻¹ y 100 kg de N.ha⁻¹). Quispe (2007) obtiene un rendimiento de 9158.44 kg.ha⁻¹ con una fertilización de 240 -120 -200 de NPK con una densidad de 93750 plantas.ha⁻¹ siendo la variedad de maíz morado la PMV – 581.

Los rendimientos totales de mazorca obtenidos por los autores mencionados son superiores a los obtenidos en el presente experimento, debido posiblemente a las condiciones climáticas presentadas en el momento en que se

realizó el experimento y al bajo contenido de humedad de la mazorca (10 a 12%), sin embargo es similar a lo reportado por Pinedo (2015) en una investigación en la Estación Experimental INIA Ayacucho quien obtuvo un rendimiento de mazorca de 3.67 y 2.78 t.ha⁻¹, en la variedad INIA 615 y PMV 581, respectivamente.

Con la aplicación de 3 t.ha⁻¹ de gallinaza Terrasur se llega a obtener el mayor rendimiento de mazorcas mostrándose ello en su crecimiento vegetativo, mayor área foliar, mayor actividad fotosintética, buen tamaño y calidad de mazorcas.

Índice de tinción

En la tabla 3.5 se muestra el índice de tinción de las mazorcas

de maíz morado de las variedades en estudio en cada uno de los tratamientos, donde se puede observar que el índice de tinción varía de 4.11 a 4.73, coincidiendo con el método INIA (4 a 5).

Huamán (2007), en su investigación sobre influencia del guano de isla en el rendimiento de maíz morado obtuvo un promedio de 4,45 de índice de tinción, cuyo resultado es inferior al obtenido por Fernández (2009) con 4,69 y a su vez esta es inferior al resultado obtenido por Pinto (2002) en su trabajo de selección mazorca hilera modificada en maíz morado Negro, realizado en la EEA- INIA Ayacucho, quien obtuvo un promedio de 4,71.

Tabla 5. Índice de tinción de mazorcas de tres variedades de maíz en cuatro dosis de gallinaza Terrasur. Canaán 2750 msnm Ayacucho.

Trat.	Código	Descripción	Índice de tinción
T ₁	v ₁ * d ₀	PMV 581 y 0.0 t.ha ⁻¹ de gallinaza	4.45
T ₂	v ₁ * d ₁	PMV 581 y 1.0 t.ha ⁻¹ de gallinaza	4.48
T ₃	v ₁ * d ₂	PMV 581 y 2.0 t.ha ⁻¹ de gallinaza	4.53
T ₄	v ₁ * d ₃	PMV 581 y 3.0 t.ha ⁻¹ de gallinaza	4.68
T ₅	v ₂ * d ₀	INIA 615 y 0.0 t.ha ⁻¹ de gallinaza	4.47
T ₆	v ₂ * d ₁	INIA 615 y 1.0 t.ha ⁻¹ de gallinaza	4.54
T ₇	v ₂ * d ₂	INIA 615 y 2.0 t.ha ⁻¹ de gallinaza	4.68
T ₈	v ₂ * d ₃	INIA 615 y 3.0 t.ha ⁻¹ de gallinaza	4.72
T ₉	v ₃ * d ₀	INIA 601 y 0.0 t.ha ⁻¹ de gallinaza	4.11
T ₁	v ₃ * d ₁	INIA 601 y 1.0 t.ha ⁻¹ de gallinaza	4.19
T ₁	v ₃ * d ₂	INIA 601 y 2.0 t.ha ⁻¹ de gallinaza	4.32
T ₁	v ₃ * d ₃	INIA 605 y 3.0 t.ha ⁻¹ de gallinaza	4.45

Conclusiones

1. La dosis de gallinaza que reportó mayor rendimiento de mazorca de maíz morado fue el de 3.0 t.ha⁻¹ de gallinaza Terrasur con 3 366, 4 093 y 3 603 kg.ha⁻¹ de mazorca de maíz, en las variedades INIA 601, INIA 615 y PMV 581, respectivamente.
2. La variedad INIA 615 reportó un mayor rendimiento con 4 093 kg.ha⁻¹ con la mayor dosis de gallinaza Terrasur.
3. El índice de tinción oscila entre 4.13 y 4.72, reportando la variedad INIA 615 el mayor índice de tinción.
4. La mayor rentabilidad se obtuvo en la variedad INIA 615 y PMV 581 con aplicación de 3.0 t.ha⁻¹ de gallinaza Terrasur con 207.1 y 170.3% de rentabilidad, respectivamente.

Recomendaciones

1. Sembrar la variedad INIA 615 aplicando 3.0 t.ha⁻¹ de gallinaza Terrasur por haber reportado el mayor rendimiento de mazorca y la mayor rentabilidad económica.
2. Continuar con el experimento incrementando dosis de gallinaza para maximizar los rendimientos de grano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango, I. 2012. Abonamiento orgánico e inorgánico en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays L.*), Canaán a 2750 msnm. Tesis Ingeniero Agrónomo UNSCH Ayacucho, Perú.
- Fernández, H. 2009. Aplicación de roca fosfórica y diatomita incubada en microorganismos en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) en la Estación Experimental del INIA Canaán Ayacucho. Tesis para optar el título de Ing. Agr. Ayacucho. UNSCH. 140 p.
- Huamán, e. 2007. Influencia del guano de isla en el rendimiento de dos variedades de maíz morado (*Zea mays L.*), Canaán a 2750 msnm. Tesis Ingeniero Agrónomo UNSCH Ayacucho, Perú.
- Paucarima, E. 2007. Respuesta del maíz morado (*Zea mays L.*), a cuatro fórmulas de abonamiento y tres densidades de siembra Canaán a 2750 msnm. Tesis Ingeniero Agrónomo UNSCH Ayacucho, Perú.
- Pinedo, R.E. 2015. Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (*Zea mays L.*) en Canaán Ayacucho" Tesis

para optar el grado de Magister Scientiae en producción agrícola UNA La Molina.

Pinto, C. 2002. Selección mazorca hilera modificada en maíz morado negro (*Zea mays* L.). Tesis para optar el título para optar el título de Ing. Agr. UNSCH. Huamanga.

Quispe, J.; arroyo, K.; Gorriti, A. 2007. Características

morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa- Perú proyecto No. 317-2007-CONCYTEC.

Solis, Y. 2011. Niveles de fertilización y modalidades de siembra en el maíz morado (*Zea mays* L.), Canaán a 2750 msnm. Tesis Ingeniero Agrónomo UNSCH Ayacucho, Perú.



Foto 1. Muestras de mazorcas de maíz de las variedades en estudio



Foto 2. Granos de maíz.

PREVALENCIA DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN TERNEROS PRE DESTETE BROWN SWISS ÉPOCA LLUVIOSA ALLPACHAKA, AYACUCHO 2018

Florencio Cisneros Nina, Magaly Rodríguez Monje

Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Agrarias

Programa de Investigación en Reproducción y Salud Animal - Área de Animales Mayores

E-mail: florencio_cisneros@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se realizó en la comunidad Campesina de Allpachaka, distrito de Chiara, región Ayacucho en terneros pre destete, mediante el análisis de heces por el método Mc Master Modificado, durante el año 2018, con el fin de estimar la carga parasitaria e identificar y determinar la asociación de los nematodos gastrointestinales encontrándose los siguientes resultados: De 42 terneras predeste examinadas se encontró una carga parasitaria nematodica promedio de 652.38 hpgh con desviación estándar de 284.76 y coeficiente de variación de 43.65% y se identificaron los siguientes nematodos como monoparasitismo: *Trichostrongylus spp* 21.42%, *Cooperia spp* 04.76% y *Oesophagostomun spp* 02.38%; biparasitismo: *trichostrongylus/ oesophagostomun* 26.19%, *trichostrongylus/cooperia* 19.04% y *cooperia/ oesophagostomun* 02.38%, en cambio el triparasitismo fue *trichostrongylus/ oesophagostomun/ cooperia* 23.80%.

Palabras clave: Allpachaka, terneros, nematodos gastrointestinales.

PREVALENCE OF GASTROINTESTINAL NEMATODES IN TERNEROS PRE DESTETE BROWN SWISS ÉPOCA LLUVIOSA ALLPACHAKA, AYACUCHO 2018

ABSTRAC

This research work was carried out in the Peasant Community of Allpachaka, Chiara District, Ayacucho region in pre-weaning calves, through the analysis of feces by the Modified Mc Master method, during the year 2018, in order to estimate the load Parasitic and Identify and determine the association of gastrointestinal nematodes with the following results: : From 42 calves examined an average nematodica parasitic load of 652.38 EPG was found with standard deviation of 284.76 and coefficient of variation of 43.65% and the following nematodes were identified as Monoparasitismo: *Trichostrongylus spp* 21.42 %, *Cooperia spp* 04.76% and *Oesophagostomun spp* 02.38%; Biparasitism: *Trichostrongylus/oesophagostomun* 26.19%, *Trichostrongylus/cooperia* 19.04% and *Cooperia/Oesophagostomun* 02.38%, on the other hand the triparasitism was *trichostrongylus/oesophagostomun/cooperia* 23.80%.

Keywords: Allpachaka, calves, gastrointestinal nematodes.

INTRODUCCIÓN

La nematodiasis gastrointestinal en bovinos es una infección del estómago y los intestinos, de curso generalmente subclínico, considerada como un importante factor sanitario en la producción de los animales de pastoreo, cuyos efectos se traducen en diversos grados de disminución de la producción, en términos de ganancia de peso vivo o crecimiento, disminución de la producción de leche y carne ,y costo de la quimioterapia (Rojas,1990).Constituye, sin lugar a dudas ,el principal problema sanitario en la crianza de vacunos, ovinos y alpacas, ya que estos, desde el nacimiento son sometidos a infecciones permanentes por cestodos y nematodos que afectan virtualmente todo el tracto gastrointestinal y pulmonar produciendo trastornos fisiopatológicos que se manifiestan con: Disminución del apetito y un mal aprovechamiento de los alimentos, anemia e hipoproteinemia, alteraciones en el ciclo reproductivo, retraso en el crecimiento y disminución de la ganancia de peso vivo y alta mortalidad y morbilidad (Leguia,1991).

Allpachaka posee un clima frío caracterizado por veranos con elevadas precipitaciones pluviales e inviernos

sumamente fríos, estas condiciones permiten que durante todo el año el ganado salga diariamente a pastorear. El ganado vacuno Brown Swiss, de aptitud doble propósito de alta producción Láctea y cárnica aclimatado a estas condiciones, se está criando actualmente para el aprovechamiento de las pasturas cultivadas y naturales de la zona. El medio ecológico de la zona favorece y permite la presencia de las formas larvianas de los nematodos. En diversos estudios se ha comprobado que los nematodos gastrointestinales, representa un problema de gran importancia económica en el ganado vacuno mantenido en régimen extensivo las infecciones causadas por estos nematodos, generalmente cursan de forma subclínica por lo que es difícil valorar con exactitud la importancia real de estos parásitos. La gastroenteritis verminosa de los bovinos es una enfermedad típicamente juvenil, ya que afecta por regla general a los terneros desde los 2 meses de edad hasta aproximadamente los 3 años, a mayor edad se produce en términos generales un equilibrio entre los parásitos y el huésped (Renner ,1991). El objetivo del trabajo fue determinar la carga parasitaria e Identificar y determinar la asociación de los nematodos gastrointestinales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El presente trabajo de investigación de campo se ha efectuado en la Comunidad Campesina de Allpachaka, distrito de Chiara, provincia de Huamanga, Región Ayacucho que se encuentra ubicado aproximadamente a 60 km de la Ciudad de Ayacucho.

Duración del trabajo

La investigación tuvo una duración de 03 meses, comprendidos de enero a marzo del 2018.

De los animales:

Se ha tomado 42 muestras de heces de terneros Brown Swiss pre destete de 1-4 meses de edad, entre machos y hembras

que pastan en los pastizales de la comunidad de Allpachaka.

Método de colección de muestras de heces

Las muestras de heces se han recogido directamente del recto del animal en horas de la mañana y se han depositado en bolsas de plástico, luego se han colocado en una caja de Tecnopor refrigerado con bolsas de hielo para conservar y evitar la destrucción de los huevecillos, luego se han trasladado al laboratorio de parasitología de la Escuela profesional de Medicina Veterinaria para su procesamiento. Se analizó mediante la técnica de Mc Master Modificado.

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos se procesaron mediante la estadística descriptiva basada en gráficos, porcentajes y promedios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Carga nematódica gastrointestinal en terneros

Tabla 1. Carga parasitaria nematódica gastrointestinal en terneros Brown Swiss por animal Allpachaka 3600 msnm.

N.º del animal	Nombre del ternero (a)	Carga nematódica Hpgh
1	Levi	200
2	Cielo	300
3	Beto	800
4	Liviana	1200
5	Nuria	400
6	Yuri	500
7	Mario	600
8	Delia	1000
9	Rosaura	500
10	Pati	200
11	Yudi	400
12	Azat	300
13	María	700
14	Juana	700
15	Flory	300
16	Marianela	500
17	Jorge	600
18	Francisco	900
19	Emilia	300
20	Rene	1000
21	Fred	900
22	Renata	800
23	Nelson	400
24	Enna	800
25	Mía	700
26	Lurquín	600
27	Nora	400
28	Enma	900
29	Devora	700
30	Leonela	1100
31	Sofía	900
32	Diamante	700
33	Maycon	400
34	Ovet	700
35	Lule	500
36	Lucio	600
37	Salvador	400
38	Gala	1100
39	Aleli	1200
40	Tita	400
41	Lina	1200
42	Nadir	600
Total		27,400
Promedio		652.38
D. Estándar		284.76
C.V. %		43.65

En la tabla 1, se observa claramente que todos los terneros pre destete Brown Swiss muestreados en época de lluvia que pastean en la comunidad de Allpachaka están infectados por nematodos, con cifras totales de 27,400 hpgh en 42 terneros pre destete considerados, el mayor número de carga parasitaria por gramo de heces corresponde a la ternera Liviana, Alelí y Lina con 1200 hpgh, seguido por Gala y Leonela con 1100 hpgh, luego por Delia y rene con 1000 hpgh, así mismo Francisco, Fred, Enma, Sofia con 900 hpgh. Y con menor carga parasitaria nematódica corresponde a Levi y pati con 200 hpgh., luego Cielo, Azat, Flory y Emilia con 300 hpgh. El alto coeficiente de variabilidad (43.65 %) indica la fuerte dispersión de los datos con respecto al promedio de la carga nematódica que arroja un valor de 652.38 hpgh. Del total de muestras de heces evaluados podemos afirmar que los terneros muestra una distribución normal en su caga parasitaria. Estos resultados encontrados son superiores frente a los datos obtenidos por Valera y Aguilera (2006), quienes determinaron 28.3% de prevalencia, en 183 animales positivos, de los cuales 27 animales estuvieron infectados por el género *Coccideas spp*, representando un nivel medio de infestación de 405 hpgh y 156 animales con el género *Strongyloides spp* representando un nivel medio de infestación de 385 hpgh. Así mismo Herrera (2014), al evaluar la fluctuación poblacional de nematodos gastrointestinales y pulmonares de bovinos jóvenes bajo pastoreo tradicional en condiciones de Piedemonte Llanero -Colombia, encontró los géneros *Haemonchus*, *Cooperia* y *Trichostrongylus*. Los *Strongyloides* mostraron una prevalencia del 20% para la época seca. Sólo los géneros *Cooperia* y *Srongyloides* presentaron diferencia estadística ($p = 0.039$) entre épocas, siendo más frecuente el primero en época de lluvias, y *Strongyloides* en época seca ($p < 0.0001$). Por otra parte, Soca y col., (2003) al estudiar el comportamiento de la nematodiasis gastrointestinal en 100 bovinos jóvenes (60% del rebaño) con edad promedio entre 6 y 10 meses y un peso promedio de 76 Kg en condiciones silvopastoriles comerciales, mostraron que el 100% de los animales en

estudio se encontraban parasitados por nemátodos gastrointestinales de los géneros *Haemonchus*, *Cooperia*, *Oesophagostomun* y *Ostertagia*. El género *Haemonchus* fue el más relevante, tanto por su incidencia (61.4%) como por su presencia durante todo el año. Aparte de ello Olivares y col., (2006), con el objetivo de determinar la prevalencia de nematodos gastro intestinales, géneros parasitarios y la carga promedio de huevecillos por gramo de heces (hpgh) colectaron 336 muestras de heces de terneros predestete en el trópico de Guerrero, México, en época lluviosa durante el 2004, y encontró una prevalencia total de NGE en becerros lactantes de 78.27%, que represento a un total de 263 animales positivos. La prevalencia de géneros larvarios fue mayor ($P < 0.05$) para *Haemonchus spp.* y *Cooperia spp.* con 85.71 y 71.42% respectivamente y menor en *Oesophagostomun spp.* y *Trichostrongylus spp.* con 52.38 y 38.09% respectivamente. Incluso Encalada y col., (2009), al determinar la prevalencia e intensidad de infección de nematodos gastroentéricos (NGE) en 509 becerros de cría (*Bos indicus* × *Bos taurus*) identificaron predominantemente el género *Cooperia spp.*, seguido de *Haemonchus spp* y *Oesophagostomum spp.* Últimamente Arichabala y Ulloa (2016), con el objetivo de determinar la prevalencia de parásitos gastrointestinales en terneros de las parroquias del cantón Gualaceo- Ecuador, utilizando 3 métodos de laboratorio: frotis directo, flotación con solución salina saturada y sedimentación espontanea, realizando exámenes seriados cada 15 días. En 215 muestras de heces, tomando en cuenta terneros machos y hembras; agrupándolos en intervalos de edad; ≤ 4 meses y ≥ 4 meses, pero ≤ 8 meses, determinó que la mayor prevalencia para la presencia de huevos de parásitos gastrointestinales correspondió a *Eimeria bovis* y *Bunostomum spp*; sobresaliendo *Eimeria bovis* en 69,46% por frotis directo; 60,16% por flotación y 80,78% por sedimentación en las tres variables mencionadas. De acuerdo a los grados de infestación se obtuvo para *Eimeria bovis* por frotis directo 3% moderado, flotación 3% moderado y por sedimentación 11% moderado; grave 1% siendo estos los más representativos.

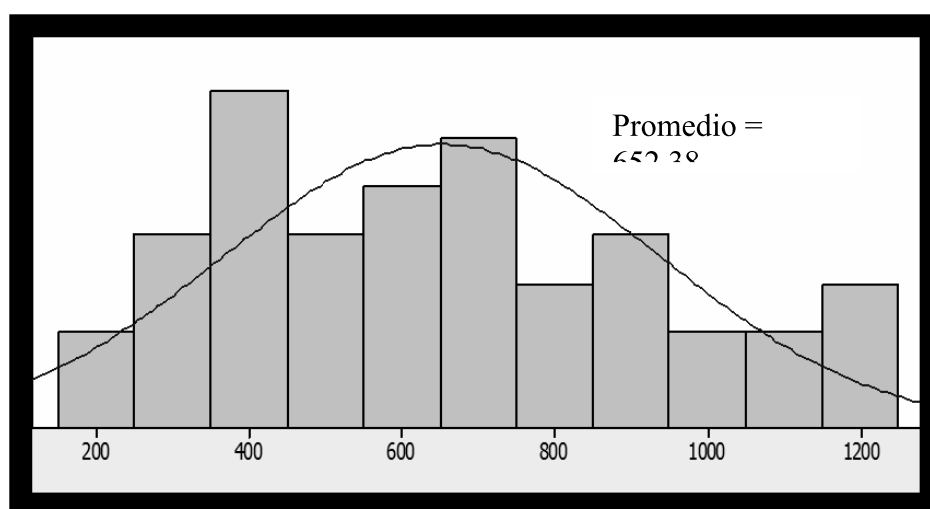


Figura 1. Distribución de la carga nematódica gastrointestinal (hpgh) en terneros pre destete. Allpachaka 3600 msnm

La figura 1, muestra la tendencia de una distribución normal donde el promedio de la carga nematódica gastrointestinal, tiene un valor de 652.38 huevos por gramo de heces (hpgh).

Además, el valor inferior se encuentra en un valor de 200 y 1200 de un valor extremo de hpgh., estos valores encontrados de huevos por gramo de heces (hpgh), son superiores frente a

los reportados por Valera y Aguilera (2006), quienes determinaron 28.3% de prevalencia en 183 animales positivos, de los cuales 27 animales estuvieron infectados por el género *Coccideas spp*, representando un nivel medio de infestación de 405 hpgh y 156 animales con el género *Strongyloides spp* representando un nivel medio de

infestación de 385 hpgh. Esta tendencia nos indica también que los animales cuando inician a comer los pastizales, inmediatamente se infectan de estos nematodos, porque las condiciones climáticas y topográficas de la Localidad de Allpachaka, son adecuados y favorables para el desarrollo de los nematodos.

Identificación de Nematodos Gastrointestinales

Tabla 2. Identificación y asociación de nematodos gastrointestinales en terneros Pre destete, Brown Swiss Allpachaka 3600 m.s.n.m.

Nematodos Identificados	n	Número de terneros identificados
Monoparasitismo		
<i>Trichostrongylus spp</i>	9	21.42
<i>Cooperia spp</i>	2	4.76
<i>Oesophagostomun spp</i>	1	2.38
Biparasitismo		
<i>Trichostrongylus spp</i> / <i>Cooperia spp</i>	8	19.04
<i>Trichostrongylus spp</i> / <i>Oesophagostomun spp</i>	11	26.19
<i>Cooperia spp</i> / <i>Oesophagostomun spp</i>	1	2.38
Triparasitismo		
<i>Trichostrongylus spp</i> / <i>Oesophagostomun spp</i> / <i>Cooperia spp</i>	10	23.8

Tabla elaborada en base a 42 terneras(os) pre destete infectadas.

En la tabla 2, se nota claramente que los helmintos nematodos gastrointestinales identificados como monoparasitismo fueron los *Trichostrongylus spp* con 21.42%, *Cooperia spp* 04.76% y *Oesophagostomun spp* 02.38%, con predominio de los *Trichostrongylus spp*. En cambio, considerados como biparasitismo fueron *Trichostrongylus spp* / *Oesophagostomun spp* con 26.19%, luego *Trichostrongylus spp* / *Cooperia spp* 19.04%, y *Cooperia spp* / *Oesophagostomun spp* con 02.38%. Mientras que infecciones múltiples como triparasitismo fueron *Trichostrongylus spp* / *Oesophagostomun spp* / *Cooperia spp* con 23.80%.

Estos nematodos identificados difieren de los obtenidos por Olivares y col., (2006) quienes encontraron una prevalencia alta para *Cooperia spp* de 71.42%, para *Oesophagostomun spp* 52.38% y para *Trichostrongylus spp* 38.09%. Así mismo Encalada y col., (2009) en Escarcega, Campeche-México identificaron predominantemente el género *Cooperia spp*, seguido de *Oesophagostomun spp* y *Hemonchus spp*, no menciona los porcentajes correspondientes.

Debo aclarar que en esta comunidad no tienen la costumbre de dosificar y/o prevenir contra nematodos gastrointestinales a temprana edad, no tienen conocimiento sobre la afección por estos nematodos, lo hacen cuando tienen mayoría de edad a los 6 – 8 meses de edad, pensando solamente en el trematodo Fasciola hepática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arichabala, Y. y Ulloa, N. 2016. Prevalencia de parásitos gastrointestinales en terneros de las parroquias del Cantón Gualaceo. Tesis Carrera Medic.Veter.Fac. de Ciencias Veterinarias Universidad de Cuenca. Ecuador.
- Encalada, M. L.A., Corbata B. A., Vargas, M.J., García, R.M.J., Uicab, B.L. y Del Río, R. J. 2009. Prevalencia de nematodos gastroentéricos de becerros en sistemas de doble propósito del municipio de Escárcega, Campeche, México.
- Leguía P. G. 1991. Parasitismo Gastrointestinal y Pulmonar en vacunos, ovinos y alpacas. Hoechst. Lima- Perú.
- Olivares y col., 2006. Prevalencia de nematodos gastroentéricos en terneros pre destete del trópico de Guerrero, México, durante la época lluviosa. Rev. Elect. de Vet. Vol.VII, N° 11. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111106.html>.
- Renner J. E. 1991. Los Terneros. Edit. hemisferio sur. Argentina.
- Rojas C. M. 1990. Parasitismo de los Rumiantes Domésticos Terapia, Prevención y Modelos para su Aprendizaje. Edit. MAIJOSA. Lima Perú.
- Soca M., Simón L., Soca M., y García E. 2003. Las Nematodosis Gastrointestinales de los Bovinos Jóvenes en sistemas silvopastoriles comerciales. I. Empresa Pecuaria "EL CARIBE" Facultad de Medicina Veterinaria.

Universidad Agraria de la Habana- Cuba. Pastos y Forrajes
Vol.26, N° 1

Herrera Díaz. J.A. 2014. Fluctuación poblacional de nematodos gastrointestinales y pulmonares en bovinos jóvenes e indicadores productivos bajo dos sistemas de pastoreo (tradicional y silvopastoril), en el centro de investigación la Libertad de Corpoica – Villavicencio – Meta. Tesis Magister Scientiae en Agroforestería Tropical. Escuela de Formación de Investigadores y Capacitación en Agricultura Tropical – EFICAT. Bogotá-Colombia.

Valera R. P.M y Aguilera S. E.M. 2006. Estudio Epidemiológico de la prevalencia e identificación de parásitos gastrointestinales en terneros de 2 a 6 meses de edad del Municipio de San Pedro de Lóvago, Chontales. Tesis M.V. en el grado de Licenciatura. Managua, NI. Facultad de Ciencia Animal de la Universidad Nacional Agraria. (U.N.A.).

FUENTES Y DOSIS DE ABONOS ORGÁNICOS EN EL RENDIMIENTO DE *Chenopodium quinoa Willd.* CANAÁN 2750 msnm. AYACUCHO, 2018

Walter Mateu Mateo
Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Agrarias
Programa de Investigación en Cultivos Alimenticio - Área de Investigación Química
E-mail: walter.mateu@unsch.edu.pe

RESUMEN

El experimento se condujo en el Centro Experimental de Canaán de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNSCH, Ayacucho, para determinar la fuente y dosis de abonos orgánicos en el rendimiento de grano de quinua variedad Salcedo INIA; se probaron guano de islas 1.5 y 3.0 t ha⁻¹, gallinaza 3.5 y 7.0 t ha⁻¹, estiércol de ovino 5.0 y 10.0 t ha⁻¹, fertilización química 100-80-60 NPK y testigo 0-0-0 NPK. El diseño estadístico utilizado fue el Bloque Completo Randomizado, con 3 repeticiones y 8 tratamientos. Los datos ordenados se sometieron al análisis de variancia y la prueba de Tukey P0.05. Los caracteres evaluados fueron altura de planta y rendimiento de grano. Se concluye que la gallinaza y el guano de islas tuvieron la mejor performance de rendimiento de granos con rango de 5554.74 a 4111.54 kg ha⁻¹ y la dosis de gallinaza 3.5 t ha⁻¹ y guano de islas 1.5 t ha⁻¹ mostraron los mayores rendimientos de grano de quinua.

Palabras clave: *Chenopodium quinoa* Willd, abonos orgánicos.

SOURCES ET DOSE D'ENGRAIS ORGANIQUES DANS LA PERFORMANCE DE *Chenopodium quinoa* Willd. CANAÁN 2750 m. AYACUCHO, 2018

ABSTRACT

The experiment was conducted in the Experimental Centre of Canaan of the Faculty of Agrarian Sciences – UNSCH, Ayacucho, to determine the source and doses of organic fertilizers in the yield of quinoa variety Salcedo INIA; manure of islands 1.5 and 3.0 t ha⁻¹, chicken manure 3.5 and 7.0 t ha⁻¹, sheep manure 5.0 and 10.0 t ha⁻¹, chemical fertilization 100-80-60 NPK and control 0-0-0 NPK were tested. The statistical design used was the Completely Randomized Block, with 3 repetitions and 8 treatments. The ordered data were subjected to the analysis of variance and the Tukey test P 0.05. The evaluated characters were plant height and grain yield. It is concluded that the chicken manure and manure of islands had the best performance of grain yield with range from 5554.74 to 4111.54 kg ha⁻¹ and the dose of chicken manure 3.5 t ha⁻¹ and manure of islands 1.5 t ha⁻¹ showed the highest yields of quinoa grain.

Key words: *Chenopodium quinoa* Willd, organic fertilizers.

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una especie domesticada y cultivada en las regiones de Costa y Sierra, desde épocas precolombinas, en especial en la cuenca del Lago Titicaca, donde se concentra la mayor diversidad de cultivos de esta especie.

Su amplia variabilidad genética le permite a este cultivo adaptarse a diversos ambientes ecológicos como: valles interandinos, altiplano, yungas, salares y a nivel del mar, desde 0 hasta los 4000 msnm y temperaturas que varían de -8 °C hasta 38 °C. En nuestro país se conocen unas 100 variedades de quinua que poseen variados colores y tamaños de grano, los cuales se consumen de diferentes formas y también son procesados.

Su importancia como alimento radica en que el grano de quinua contiene la mayoría de los aminoácidos, es rico en vitaminas, minerales, ácidos grasos esenciales y está libre de gluten. Su nivel de proteína de 14 -16%, equivalente a la carne pero tiene una ventaja, que posee Lisina importante para el crecimiento del cerebro y que no tiene la carne. Es un

producto que está en expansión y es un alimento potencial por las innovaciones culinarias que se realizan con el grano.

Ambientalmente, es una especie que requiere menos agua en su cultivo que muchas especies y tolera temperaturas extremas, lo cual permite considerarla como alternativa frente al cambio climático.

La revaloración alimenticia de la quinua a partir del año 2000, hace que se incremente su cultivo, siendo el año 2013 declarado “Año internacional de la quinua” por la FAO.

Actualmente en el Perú se cultivan 79,219 ha (2016), siendo los departamentos con mayor área de cultivo: Arequipa, Ayacucho, La libertad y Puno. La producción de la sierra mayormente es orgánica a diferencia de la Costa donde es convencional. Puno representa el 44% de la producción, Ayacucho 21%, Apurímac 8.1%, Arequipa 7.8%, Cuzco 5% y Junín 4.8%. El rendimiento promedio nacional es de 1.2 t ha⁻¹.

La fertilización es muy importante en el cultivo de la quinua debido a su alta demanda de nutrientes. La quinua responde

muy bien a la alta fertilización, alcanzando rendimientos de 6000 a 7000 kg ha⁻¹. En condiciones de Sierra, gran cantidad de suelos presentan baja fertilidad debido al tipo de suelo, al ambiente y a la continua siembra y cosecha por varios años sin devolver los minerales sustraídos campaña tras campaña; lo que se refleja en rendimientos bajos alrededor de los 1000 kg ha⁻¹.

El cultivo orgánico o ecológico de la quinua busca proteger la fertilidad de los suelos manteniendo adecuados niveles de material orgánico, favoreciendo la actividad microbiológica. Los nutrientes para la quinua deben provenir de fuentes como residuos de cultivos, compost, humus, estiércol animal y de rotación con cultivos de abonos verdes o leguminosas fijadoras de nitrógeno, para lo cual se debe asegurar una buena actividad microbiológica.

El rendimiento de las variedades sembradas en Ayacucho fluctúa entre 1,200 y 500 kg ha⁻¹. El mejoramiento de estos rendimientos puede lograrse mediante la introducción de nuevas variedades mejoradas, como la variedad Salcedo INIA, desarrollada en Puno, donde es ampliamente aceptada por su precocidad, alto potencial de rendimiento y calidad y aceptación por los consumidores y exportadores.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el efecto de tres abonos orgánicos en el rendimiento de quinua de la variedad Salcedo INIA en Ayacucho.

Objetivos Específicos

1. Determinar la fuente de abono orgánico que tiene mayor

efecto en el rendimiento de quinua en la variedad Salcedo INIA en Ayacucho.

2. Determinar la dosis de abono orgánico que tiene mayor efecto en el rendimiento de quinua de la variedad Salcedo INIA en Ayacucho.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Ubicación del experimento

El presente experimento se realizó en el Centro Experimental de Canaán, ubicado el Distrito de Mariscal Andrés Bello Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, a una altitud de 2750 msnm, cuyas coordenadas son: 13°08'00" Latitud Sur y de 74°32'10" Longitud Oeste.

2. Antecedentes del campo experimental

Durante la campaña agrícola 2017, el terreno donde se sembró el experimento estuvo ocupado por el cultivo de maíz morado para producción comercial. La topografía del terreno es ligeramente plana, con profundidad de 20 cm.

3. Características del suelo y abonos orgánicos

Para realizar el análisis del suelo, se tomó muestras a 20 cm de profundidad, la cual se remitió al laboratorio de suelos, plantas y aguas "Nicolás Roulet" del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cuyos resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 2.1. Características físicas y químicas del suelo del campo experimental. Canaán 2750 msnm. Ayacucho, 2018.

Propiedades	Valor	Método	Interpretación
pH	7.1	Potenciómetro	Lig. ácido
M.O (%)	1.90	Walkley Black	Pobre
N-total (%)	0.07	Micro Kjeldahl	Pobre
P disponible (ppm)	32.50	Bray-Kurtz	Medio
K disponible (ppm)	67.33	Turbidimetría	Medio
Clase textural		Triángulo textural	Franco Arcilloso

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas "Nicolás Roulet" del PIPG de la FCA-UNSCH

En base a los resultados obtenidos se realizó la interpretación respectiva, determinándose que el pH 7.1, es neutro, por lo

que el terreno no tiene restricción para el cultivo de quinua.

Tabla 2.2. Características físicas y químicas de los abonos orgánicos utilizados en quinua. 2018.

Abono	Humedad (%)	pH	C.E(1:1) mS/cm	% M.O. total	% N-total	%P ₂ O ₅	%K ₂ O
Gallinaza	27.6	9.78	37.2	33.9	2.62	3.68	2.53
Guano islas	19.7	8.46	75.0	39.4	4.41	5.81	2.32
E. ovino	34.7	8.35	32.38	61.2	2.29	1.90	0.98

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas "Nicolás Roulet" del PIPG de la FCA-UNSCH.

4. Características del clima

Los datos registrados en la Estación Meteorológica INIA (SENAMHI) – Ayacucho, reporta una temperatura media anual de la zona donde se realizó el estudio de 17.28°C, una temperatura máxima promedio de 24.88 °C y una mínima promedio de 9.68 °C; la precipitación promedio total en el periodo setiembre 2016 a agosto 2018 fue de 541.30 mm de lluvia. Estas condiciones son propicias para el cultivo de la quinua.

5. Tratamientos

El experimento está conformado por los siguientes tratamientos en estudio:

Código	Tratamiento
T1	Guano de Isla 1.5 t.ha ⁻¹
T2	Guano de isla 3.0 t.ha ⁻¹
T3	Gallinaza 3.5 t.ha ⁻¹
T4	Gallinaza 7.0 t.ha ⁻¹
T5	Estiércol de ovino 5.0 t.ha ⁻¹
T6	Estiércol de ovino 10.0 t.ha ⁻¹
T7	Testigo 00-00-00
T8	Fertilización NPK 100-80-60

6. Unidad experimental

La unidad experimental está conformada por parcelas de 16 m² de área, en el cual se instaló 4 surcos de cultivo de quinua, con una densidad de 20 plantas por metro lineal.

7. Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño estadístico utilizado es el Diseño Bloque Completo Randomizado, con tres repeticiones y 8 tratamientos. Los datos tabulados se sometieron al ANVA y los caracteres que resultaron significativos, a la prueba de contraste Tukey P0.05.

8. Características del campo experimental

Bloques

Numero de bloques	= 3
Largo de bloques	= 25.60 m
Ancho de bloques	= 5.00 m
Área de bloques	= 128.00 m ²
Área Total	= 384.00 m ²

Parcela o unidad experimental

Numero de parcelas por bloque	= 08
Número total de parcelas	= 24
Largo de parcelas	= 5.00 m
Ancho de parcelas	= 3.20 m
Área de parcelas	= 16.00 m ²
Número de surcos/ parcela	= 4.00

9. Instalación y conducción del experimento

a. Preparación de la Semilla

La semilla de quinua de la variedad Salcedo INIA se seleccionó y desinfectó con vitavax para prevenir la chupadera fungosa.

b. Preparación del terreno

La aradura del terreno se realizó el día 15 de junio la cual consistió en una pasada de arado de discos a profundidad aproximada de 20 cm; posteriormente el 10 de julio se realizó el desmenuzado de los terrones con

una pasada de rastra. La nivelación con picos y rastrillos se realizó el 20 de agosto de 2018.

c. Surcado y demarcación del campo experimental

El surcado del terreno se realizó el 23 de agosto de 2018 a un distanciamiento de 0.80 m entre surcos y a una profundidad aproximada de 10 cm; posteriormente se procedió a efectuar la demarcación del campo experimental en bloques, calles y unidades experimentales, para lo cual se empleó wincha, estacas y cordeles.

d. Incorporación de los abonos orgánicos

La incorporación de los abonos orgánicos se realizó de acuerdo a los tratamientos establecidos, en el fondo del surco y cubriendo luego con una capa de tierra, el 29 de agosto de 2018 y se regó inmediatamente.

e. Colocación de las cintas de riego

Una vez terminada el surcado se colocaron y fijaron las cintas de riego para efectuar el riego por goteo del experimento.

f. Siembra

La siembra se realizó el 07 de setiembre depositando las semillas a chorro continuo en un surquito abierto en el surco y luego se cubrió con una capa de tierra de 1 a 2 cm. La densidad de siembra utilizada fue de 10 Kg ha⁻¹.

g. Riegos

Se condujo el cultivo bajo condiciones de secano por lo que el abastecimiento de agua para las plantas fue con riego por goteo. Los riegos se efectuaron a intervalos de 3 días entre riegos.

h. Control de malezas

Se realizó con la finalidad de evitar la competencia con el cultivo, el control se efectuó manualmente. Durante la conducción de cultivo se realizó dos controles de malezas. El primer control fue a los 30 días (05 de octubre de 2018) y el segundo control a los 60 días (05 de noviembre de 2018); por consiguiente se mantuvo limpio el campo experimental.

i. Raleo

El primer raleo se realizó a los 30 días, dejando 20 plantas por metro lineal. Posteriormente, a los 60 días se hizo un repaso para dejar el número de plantas mencionado.

j. Aporque

Se realizó el aporque de las plantas a los 60 días después de la siembra (07 de noviembre de 2018), cuando las plantas presentaron una altura de 25 cm, teniendo en cuenta de no enterrar las cintas de riego.

k. Control fitosanitario

Se efectuó la aplicación de Lannafarm 90 PS a una dosis de 150 gr/200 litros de agua para el control de Diabrotica de color a los 60 días.

l. Cosecha

La cosecha se inició el 06 de enero de 2019, cuando las plantas alcanzaron la madurez fisiológica, lo que se evidenció cuando las plantas perdieron sus hojas y el tallo se pone de color pajizo. Se hizo el corte de panojas

con hoces de cada parcela y luego se colocó en costales para su traslado, identificados previamente. El secado de las panojas se hizo sobre mantones en el secadero, posteriormente, se trillaron manualmente y concluyó con el venteado y pesado de granos.

10. Variables evaluadas

a. Altura de planta (cm)

Para determinar la altura de planta, se eligió 10 plantas al azar durante la madurez fisiológica, por cada unidad experimental. Se midió desde la base del cuello de la planta hasta el ápice de la panoja, con la ayuda de una cinta métrica.

b. Rendimiento de quinua (kg.ha-1)

Se trillaron todas las panojas de cada unidad experimental; luego de separar los granos de quinua de la broza, se pesó el total de los granos en una balanza de precisión para determinar el rendimiento de granos

de grano por cada unidad experimental, luego se infirió el rendimiento de quinua en kilogramos por hectárea (kg.ha-1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. De la altura de planta

En el Análisis de Variancia de altura de planta (Tabla 3.1) se encontró que existe alta significación estadística entre los abonos orgánicos. No se halló significación entre bloques. Quiere decir, que los abonos orgánicos han tenido respuestas diferenciadas en las parcelas con plantas de quinua Salcedo INIA.

El coeficiente de variabilidad de 6.46 %, significa que los resultados del experimento se encuentran dentro del rango permisible y tiene buena precisión.

Tabla 3.1. ANVA de altura de planta de quinua con abonos orgánicos. Canaán 2750 msnm

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	140.83	2	70.41	1.22	0.3256
Abon.organic	4205.70	7	600.81	10.39	0.0001
Error	809.95	14	57.85		
Total	5156.47	23			

C.V. = 6.46; $R^2 = 0.84$

En la prueba de Tukey de altura de planta con abonos orgánicos (Tabla 3.2.), el guano de islas, la gallinaza, fertilización química y estiércol de ovino 5.0 t ha-1, con rango de 135.03 a 117.47 cm, son similares entre ellos y superiores a EO 10.0 t ha-1 y el testigo 0-0-0 de NPK, que alcanzaron 106.83 y 90.24 cm, respectivamente.

La diferencia de altura de planta con los abonos orgánicos podría atribuirse al contenido de nutrientes de los abonos probados, especialmente de nutrientes como el nitrógeno, que tiene mayor influencia en el crecimiento de las plantas y la forma como van cediendo nutrientes de manera paulatina a la planta de quinua.

Tabla 3.2. Prueba de Tukey (0.05) de altura de planta con abonos orgánicos. Canaán 2750 msnm.

Abonos orgánicos	Promedio (cm)	Tukey 0.05
GI-3.0 t	135.03	a
GI-1.5 t	131.27	a
Gall-7.0 t	124.33	a b
Gall-3.5 t	118.70	a b
FQ100-80-60	118.37	a b
EO-5.0 t	117.47	a b
EO-10.0 t	106.83	b c
0-0-0	90.24	c

CARE (2012), menciona que durante el periodo de crecimiento de la planta, hay épocas donde los nutrientes son absorbidos con mayor densidad, esto ocurre entre el 60 y 100 días después de la siembra, lo que ocurre con las etapas de mayor desarrollo y de máxima acumulación de materia seca del cultivo de quinua. En la planta el movimiento de nutrientes desde las hojas y del tallo hacia la panoja (órgano

de reserva), se da con mayor intensidad a partir de los 105 días después de la siembra.

Las respuestas en altura de planta encontradas en nuestro experimento, aun cuando difieren en la dimensión, sin embargo coinciden en la tendencia con las investigaciones que se citan a continuación.

Valdez (2015), en la variedad Salcedo, al evaluar la altura de planta a los 110 dds muestra diferencias significativas en los efectos simples siendo los tratamientos con mayores alturas G2 y E2 con alturas de 169.29 cm y 168.22 respectivamente.

Colos (2013), en Cangallo, en dos variedades de quinua encontró mayores alturas de planta con el nivel 8.0 t ha-1 de estiércol de ovino, siendo mayor en la variedad local y Blanca de Junín con 149.7 y 150.7 cm, respectivamente.

Bautista (2015), en Chiara, encontró que existe interacción entre los niveles de gallinaza y las variedades estudiadas, encontrando la mayor altura con 4 t ha-1 en la variedad Blanca de Junín; añade que, la altura de planta es genético.

Vargas (2008), encontró que los niveles de estiércol influyen en la altura de planta de quinua; la variedad Pandela desarrolló una altura de planta de 117.75 cm, resultando ser superior a la variedad Real Boliviana que alcanza 108.81 cm.

2. Del rendimiento de grano (kg ha-1)

En el Análisis de Variancia de rendimiento de granos (Tabla 3.3) se encontró que existe alta significación estadística entre abonos orgánicos. Existe significación entre bloques. Quiere decir, que los abonos orgánicos tienen respuestas diferenciadas en el rendimiento de granos

de quinua Salcedo INIA.

El coeficiente de variabilidad de 14.30%, significa que los

resultados del experimento se encuentran dentro del rango permisible y tiene buena precisión.

Tabla 3.3. ANVA de rendimiento de grano de quinua con abonos orgánicos. Canaán 2750 msnm.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fc	p-valor
Bloque	3560618.20	2	1780309.10	5.43	0.0179
Abon.organic	28984060.02	7	4140580.00	12.64	<0.0001
Error	4586754.64	14	327625.33		
Total	37131432.86	23			

C.V. = 14.30; $R^2 = 0.88$

En la prueba de Tukey de rendimiento de granos con abonos orgánicos (Tabla 3.4), la gallinaza 7.0 t ha⁻¹, GI-3.0 t ha⁻¹, GI-1.5 t ha⁻¹, Gallinaza 3.5 t ha⁻¹ y FQ 100-80-60, con rango de 5554.74 a 4059.46 kg ha⁻¹, son similares entre ellos y superiores a EO 10.0 t ha⁻¹, EO-5.0 t ha⁻¹, EO-5.0 t ha⁻¹ y el testigo 0-0-0 de NPK, que alcanzaron 3697.95, 2821.89 y 1973.48 kg ha⁻¹, respectivamente.

La diferencia de rendimiento de granos de los abonos orgánicos podría atribuirse al contenido de nutrientes de los abonos probados, especialmente de la gallinaza y guano de islas que poseen mayor cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio que influyeron en el rendimiento de granos de quinua.

Tabla 3.4. Prueba de Tukey (0.05) de rendimiento de grano con abonos orgánicos. Canaán 2750 msnm.

Abonos orgánicos	Promedio (kg ha ⁻¹)	Tukey 0.05
Gall-7.0 t	5554.74	a
GI-3.0 t	4981.88	a b
GI-1.5 t	4823.53	a b
Gall-3.5 t	4111.54	a b c
FQ100-80-60	4059.46	a b c
EO-10.0 t	3697.95	b c
EO-5.0 t	2821.89	c d
0-0-0	1973.48	d

Los resultados encontrados, coinciden con los investigadores que se citan a continuación: CARE (2012) menciona que los niveles de N-P2O5-K2O que maximizan el rendimiento de quinua variedad blanca de Junín en la localidad de Manallasaq; requiriendo 102-72-96 de N-P2O5-K2O para un rendimiento de 2143 kg ha⁻¹. También encontró que existe una respuesta significativa a la aplicación de abonos orgánicos.

Según Huamán (2011) al evaluar abonos orgánicos en las variedades Pasankalla y Blanca de Junín en Pucuhuilla, encontró que con el uso de 2.0 t ha⁻¹ de guano de islas se pudo triplicar los rendimientos de granos (3555.6 y 3931.4 kg ha⁻¹), con respecto a la parcela sin abonar (997.3 y 1087.4 kg ha⁻¹); con 5.0 t ha⁻¹ de gallinaza obtuvo 3051.7 y 3549.5 kg ha⁻¹, respectivamente.

Mejía (2010), en Chontaca con la variedad blanca de Junín, con la fórmula 120-100-80 de NPK obtuvo 2906.20 kg ha⁻¹ y con 60-50-40 de NPK, 2377.50 kg ha⁻¹, mientras con el

testigo (0-0-0 NPK) obtuvo 943.40 kg ha⁻¹.

Huahuachampi (2015), encontró que la dosis 1200 kg ha⁻¹ de guano de isla permitió obtener la mejor respuesta en el cultivo orgánico de quinua, donde obtuvo 3600 kg ha⁻¹ de granos, con abono de fondo (compost). Menciona también que las características que tuvieron mayor influencia fueron altura de planta, longitud y diámetro de panoja.

Arteaga e Hidalgo (2013), en rendimiento de grano de quinua por hectárea, el mejor fertilizante para las dos variedades que estudió, resultó ser la fertilización química con 280 kg ha⁻¹ de fertilizante 15-15-15, con rendimientos promedio de 4,63 t ha⁻¹ y 2,6 t ha⁻¹ respectivamente.

Valdez (2015), en rendimiento de granos de quinua obtuvo diferencias significativas en la interacción, obteniendo un rendimiento de 4522 kg ha⁻¹ con la interacción de G2 en E2 y E2 en G1, demostrando que el agregar 10.0 toneladas de estiércol aumenta los rendimientos de todos los tratamientos donde se incorporó gallinaza.

Colos (2013), en la variedad Blanca de Junín encontró el nivel más favorable con 8.0 t ha⁻¹ de estiércol con un rendimiento de 2915 kg ha⁻¹ de rendimiento de grano.

Bautista (2015), obtuvo el mayor rendimiento de grano de quinua en las variedades Blanca de Junín y Pasankalla con 4.0 t ha⁻¹ de gallinaza obteniendo 2565 y 2153 kg ha⁻¹, existiendo respuesta lineal a las dosis crecientes de gallinaza.

Sin embargo, en cuando a las dosis de abono orgánico, las dosis utilizadas en nuestro experimento son menores a las dosis que menciona Vargas (2008), que encontró un óptimo de rendimiento de grano de 1849.86 con un nivel de estiércol de 19.47 t ha⁻¹ para la variedad Real Boliviana, asimismo para la variedad Pandela se encontró un óptimo de rendimiento de grano de 2180.34 kg ha⁻¹, con un óptimo de 20.3 t ha⁻¹ de estiércol respectivamente.

AGRADECIMIENTO

Al estudiante Percy Añanca y al Sr. Melitón Huancahuari Matías por su apoyo en los trabajos de campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arteaga, V. y E. Hidalgo. (2013). Evaluación del efecto de la aplicación de dos abonos orgánicos y un fertilizante químico

en dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en la zona de Canchaguano, Carchi. Tesis ing. Agropecuario. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.

Bautista, R. (2015). Niveles de gallinaza en el rendimiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Manallasacc 3580 msnm - Chiara. Tesis para obtener el título de Ing. Agrónomo, FCA-UNSCH. Ayacucho, Perú.

Care (2012). Manual de nutrición y fertilización de la Quinua. Primera edición. CARE Perú. Lima, Perú.

Colos, P. (2013). Niveles de estiércol de Ovino en el rendimiento de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Buena Vista 3010 msnm. Cangallo-Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ing. Agrónomo, FCA-UNSCH. Ayacucho, Perú.

Huamán, H. (2011). Fuentes y niveles de abono orgánico en el rendimiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en Pucuhuilla (3200 msnm) – Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho, Perú.

Huahuachampi, Y. (2015). Dos niveles de guano de isla en el rendimiento de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), bajo manejo orgánico en el distrito de Chiguata, Región Arequipa. Tesis ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú.

Mejía, M. (2012). Niveles de guano de isla y NPK en el rendimiento de quinua variedad Blanca Junín (*Chenopodium quinoa* Willd). Chontaca 3500 msnm - Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.

Valdez, J. (2015). Efecto de dos abonos orgánicos y Su Combinación en el rendimiento del cultivo de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo manejo orgánico en el distrito de La Joya Arequipa. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Católica Santa María. Arequipa, Perú.

Vargas, R. (2008). Influencia de cinco niveles de estiércol en el rendimiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Real Boliviana y Pandela de la localidad La Yarada. Tesis ing. Agrónomo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman. Tacna, Perú.

USO EQUIVALENTE DE LA TIERRA, PARA LA ASOCIACIÓN MAÍZ-ARVEJA, CON CAPTACIÓN DE LLUVIAS. AYACUCHO, 2018

Alex Tineo Bermúdez, Oscar Roque Siguas

Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Agrarias
Programa de Investigación en Pastos y Ganadería – Área de Suelos
E-mail: alex.tineo@unsch.edu.pe

RESUMEN

El agua de lluvia disponible en los valles inter andinos de Huamanga – Ayacucho es insuficiente para satisfacer los requerimientos de agua por los cultivos, en una agricultura de secano; por esta razón, se realizó el presente trabajo con la finalidad de determinar la influencia del establecimiento de un área de captación del agua de lluvia, en los rendimientos de maíz y arveja asociados y en monocultivo, y en el Índice Uso Equivalente de la Tierra (UET), en Pampa del Arco, Ayacucho. La investigación consistió en un ensayo en parcelas de cultivo ubicadas en la Ciudad Universitaria de la UNSCH, bajo condiciones de secano, en terrenos con fertilidad química pobre; el coeficiente de escorrentía en estos terrenos varía de 0,2 a 0,3. Los tratamientos corresponden a un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial $2A \times 3B$ más un testigo (A: dos sistemas de captación, con área adicional de captación del agua de lluvia y sin el área adicional; B: tres sistemas de cultivo, monocultivo de arveja, monocultivo de maíz, y cultivo asociado maíz-arveja); como abono orgánico se utilizó 10 t.ha^{-1} de compost. Se determinó que la asociación de maíz y arveja, con área adicional de captación in situ del agua de lluvia, generó el mayor índice UET, 1,506; es decir, para lograr los rendimientos de la asociación maíz y arveja en una hectárea, se requiere 1,506 ha de estos cultivos como monocultivo (6790 m^2 de arveja y 8270 m^2 de maíz).

Palabras clave: Captación de lluvia, policultivo, maíz-arveja.

LAND EQUIVALENT RATIO, FOR THE CORN-PEA ASSOCIATION, WITH COLLECTION OF RAINS. AYACUCHO, 2018

ABSTRACT

The rainwater available in the inter-Andean valleys of Huamanga - Ayacucho is insufficient to meet the water requirements of the crops, in a dryland agriculture; For this reason, the present work was carried out with the purpose of determining the influence of the establishment of a rainwater catchment area, in the associated corn and pea yields and in monoculture, and in the Land Equivalent Ratio Index (LER), in Pampa del Arco, Ayacucho. The research consisted of an essay in cultivated plots located in the University City of UNSCH, under rainfed conditions, in areas with poor chemical fertility; the runoff coefficient in these lands varies from 0.2 to 0.3. The treatments correspond to a Design of Random Complete Blocks (DBCA) with factorial arrangement $2A \times 3B$ plus a control (A: two collection systems, with additional rainwater collection area and without the additional area; B: three systems cultivation, pea monoculture, maize monoculture, and associated maize-pea cultivation); as organic fertilizer, 10 t.ha^{-1} of compost was used. It was determined that the association of corn and peas, with additional area of rainwater in situ collection, generated the highest UET index, 1,506; that is, to achieve the yields of the corn and pea association in one hectare, 1,506 ha of these crops are required as monoculture (6790 m^2 of peas and 8270 m^2 of corn).

Keywords: Rain catchment, polyculture, corn-vetch.

INTRODUCCIÓN

El agua de lluvia disponible en los valles inter andinos de Huamanga – Ayacucho es insuficiente para satisfacer los requerimientos de agua por los cultivos, en una agricultura de secano; entonces, se hace necesario establecer sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia con el objetivo de suministrar agua adicional en las áreas de cultivo para aumentar los rendimientos de los cultivos. Se cuenta con tecnologías tradicionales relacionadas con la conservación y manejo de los recursos agua, suelo y planta; por ello se plantea la necesidad de establecer algún sistema que permita captar y suministrar algún volumen de agua de lluvia para poder complementar los requerimientos de agua de los cultivos. La finalidad del presente trabajo es determinar la influencia del área adicional para la captación in situ del agua de lluvia, en la parte superior de las parcelas de cultivo, en el

rendimiento de maíz y arveja. La investigación consiste en un ensayo en parcelas de cultivo ubicadas en la Ciudad Universitaria de la UNSCH, bajo condiciones de secano. La zona se caracteriza por tener un clima semiárido con una vegetación predominantemente xerofítica arbustiva. Los tratamientos corresponden a un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial $2A \times 3B$ más un testigo (A: dos sistemas de captación, con área adicional de captación del agua de lluvia y sin el área adicional; B: tres sistemas de cultivo, monocultivo de arveja, monocultivo de maíz, y cultivo asociado maíz-arveja). Como abono orgánico se utiliza compost a razón de 10 t.ha^{-1} . Se evaluó el crecimiento, así como el rendimiento de arveja en verde y maíz en choclo, en cada parcela. Se procesaron los datos utilizando la metodología del análisis funcional de la variancia (ANAFUNVA) según los contrastes adecuados, planteados para el presente ensayo (Tineo 2012); así mismo, se determinó el Índice de Uso Equivalente de la Tierra

(UET), para la asociación maíz - arveja.

Por estas consideraciones se planteó el presente trabajo con los objetivos siguientes:

Objetivo General:

Determinar la influencia del establecimiento de un área adicional de captación del agua de lluvia sobre las parcelas de cultivo, en los rendimientos de maíz y arveja asociados y en monocultivo, y en el Índice Uso Equivalente de la Tierra (UET), en Pampa del Arco, Ayacucho.

Objetivos Específicos:

1. Determinar la influencia del establecimiento de un área adicional de captación del agua de lluvia, sobre las parcelas de cultivo, en los rendimientos de maíz y arveja asociados y en monocultivos, en Pampa del Arco, Ayacucho.
2. Determinar la influencia del establecimiento de un área adicional de captación del agua de lluvia, sobre las parcelas de cultivo, en el Índice Uso Equivalente de la Tierra (UET) para la asociación Arveja-Maíz, en Pampa del Arco, Ayacucho.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó, en la campaña agrícola diciembre 2017 – abril 2018, en los ambientes de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), en Pampa del Arco

(13°08'31" Latitud Sur y 74°13'26" Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich) a una altitud de 2750 msnm, en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho.

Tipo de estudio

El estudio corresponde a la evaluación del efecto del área de captación del agua de lluvia en el rendimiento de maíz y arveja, solos y asociados, y el uso equivalente de la tierra (UET); considerando para este trabajo un grupo de tratamientos con área de captación adicional y otro grupo sin el área de captación. Se determinó que el terreno tiene: pendiente de 10%, textura franco arcillosa, color claro, bajo contenido de materia orgánica (1,2%), y apenas 2,5 ppm de P disponible; el coeficiente de escorrentía varía de 0,2 a 0,3 (lo que significa que en los tratamientos con área de escorrentía, 20 a 30% de la lluvia caída en el área de captación, escurre hacia el área con cultivo).

Tratamientos y diseño experimental

El experimento corresponde a un arreglo factorial 2A*3B (A: Sistemas de captación del agua de lluvia: a1. Sin área de captación del agua de lluvia sobre las parcelas de cultivo, a2. Con área de captación del agua de lluvia sobre las parcelas de cultivo; B: Sistemas de cultivo: b1. Monocultivo de arveja, b2. Monocultivo de maíz, b3. Cultivo Asociado maíz-arveja), que se conduce utilizando el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) en los que se distribuyen los 6 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, haciendo un total de 18 unidades experimentales. La descripción de cada tratamiento se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos evaluados. Pampa del Arco.

Tratamiento	Descripción	Clave
T1	Monocultivo de arveja, sin captación in situ	a1b1
T2	Monocultivo de maíz, sin captación in situ	a1b2
T3	Cultivo asociado maíz-arveja, sin captación in situ	a1b3
T4	Monocultivo de arveja, con captación in situ	a2b1
T5	Monocultivo de maíz, con captación in situ	a2b2
T6	Cultivo asociado maíz-arveja, con captación in situ	a2b3

Unidades Experimentales (U.E.)

Las U.E. consistieron en parcelas con seis surcos en sentido de la máxima pendiente del terreno, en las cuales se cultivaron maíz y arveja en monocultivo y asociados (policultivo). El área de las parcelas fue de 4,5 m * 10 m, con seis surcos distanciados a 0,75 m. Las parcelas para el caso de los tratamientos con área adicional de captación del agua de lluvia, se dividieron en 6 m de largo para el cultivo y 4 m para la captación, mientras que las parcelas sin área adicional de captación estuvieron constituidas por los 10 m de largo, siendo el área de evaluación en todos los casos 6 m de largo por 4,5 m de ancho.

Material experimental

Se emplearon semillas de maíz morocho y arveja variedad remate.

Desarrollo del Experimento

Preparación del terreno: Se inició con el barbecho del terreno, con una pasada de arado de disco a una profundidad de 30 cm. El mullido del terreno se realizó utilizando

zapapicos, para el desterronado de los bloques de suelo sobrantes del barbecho. La nivelación del terreno se realizó utilizando el rastrillo.

Demarcación del terreno: Se realizó el delimitado de las parcelas y surcos de acuerdo al diseño experimental, utilizando wincha, flexómetro, yeso, cordel, carteles de identificación, zapapicos y azadones.

Surcado: Se realizaron 6 surcos de 0,75 m cada uno dentro de cada parcela.

Desinfección de las semillas: Antes de la siembra, las semillas de arveja fueron desinfectadas con Vitavax para prevenir el ataque de enfermedades fungosas.

Abonamiento: El abonamiento se realizó en el momento de la siembra, utilizando compost a razón de 5 t.ha⁻¹ y urea equivalente a 50 kg.ha⁻¹, efectuándose por surco corrido, luego se cubrió con una capa delgada de suelo, sobre ésta se depositaron las semillas.

Siembra: Después de la apertura de los hoyos se procedió a colocar las semillas de arveja y de maíz, según los tratamientos establecidos, las cuales fueron cubiertas a una profundidad de 3 cm para tal efecto el distanciamiento entre surcos es 0,75 m y entre golpes 0,3 m. Se emplearon dos semillas, de cada especie, por cada golpe; en el caso de los cultivos asociados, la distancia entre golpes fue de 0,15 m intercalando los golpes de maíz y de arveja.

Instalación de parcelas de escorrentía: Habiendo realizado la instalación del área de cultivo se procedió a instalar parcelas de escorrentía con la finalidad de medir la escorrentía en condiciones con cultivo y sin cultivo. Cada parcela estuvo delimitada y cuenta con un tanque para medir el agua escurrida en cada lluvia.

Instalación de pluviómetros caseros: Habiendo realizado la instalación del área de cultivo y las parcelas de captación de escorrentía se procedió a instalar pluviómetros caseros para registrar la precipitación presente en la zona del experimento contando con 6 puntos distribuidos en el área del experimento.

Acondicionamiento para la medición de la evaporación: Se realizó la instalación de equipos de medición de la evaporación en medio del área de cultivo, se procedió a instalar recipientes con suelo de la zona de cultivo seco a la estufa y se le añadió agua a capacidad de campo, para luego realizar las mediciones de la evaporación de manera que se registró la evaporación presente en la zona del experimento, para el cual se utilizó una balanza (por diferencia de peso se determinó el agua evaporada).

Control de malezas: El control de malezas se hizo de manera manual con la recolección y eliminación de todo tipo de malezas y evitar la competencia por los nutrientes del suelo y así conseguir un buen crecimiento y desarrollo de las plantas. Se realizó una escarda superficial con el azadón.

Aporque: Con ayuda de un azadón se procedió a levantar terrones de suelos hasta lograr cubrir parte del tallo de la planta de arveja, y de maíz; esta práctica se realizó con la

finalidad de darle mayor estabilidad a las plantas.

Cosecha: Se realizó la cosecha de vainas verdes y de mazorcas en choclo, en cada una de las parcelas; se registró el peso correspondiente.

Variables e Indicadores

Variables Independientes:

Factor A: Sistemas de captación del agua de lluvia

- Sin área de captación del agua de lluvia, sobre las parcelas de cultivo (a1)
- Con área de captación del agua de lluvia, sobre las parcelas de cultivo (a2)

Factor B: Sistema de cultivo

- Monocultivo de arveja (b1)
- Monocultivo de maíz (b2)
- Cultivo asociado maíz-arveja (b3)

La combinación de los niveles de ambos factores resultó en los seis (06) tratamientos descritos en la tabla 1.

Variables Dependientes:

- Rendimiento de arveja y de maíz: (kg/parcela)
- Índice Uso Equivalente de la Tierra (UET):
Unidades

$$UET = \sum (Y_a / Y_m)$$

Donde:

Y_a : cosecha de cada cultivo en el sistema intercalado o asociado,

Y_m : cosecha de cada cultivo, en monocultivo

Procesamiento de datos

Se realizaron los análisis de variancia correspondientes, de acuerdo a la metodología propuesta por Tineo (2012); con los contrastes planteados según la tabla 2. También se elaboraron gráficos radiales (de telaraña), para comparar los rendimientos de arveja y maíz en monocultivos y asociados.

Tabla 2. Contrastes ortogonales planteados para el análisis de datos.

Contraste	Para comparar los promedios	T1	T2	T3	T4	T5	T6
C1	Entre arvejas (sin y con cap.)	1	0	0	-1	0	0
C2	Entre maíces (sin y con cap.)	0	1	0	0	-1	0
C3	Entre asociados (sin y con cap.)	0	0	1	0	0	-1
C4	Monocultivos y asociados (s/cap.)	1	1	-2	0	0	0
C5	Monocultivos y asociados (c/cap.)	0	0	0	1	1	-2

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los Rendimientos de Arveja y Maíz

La tabla 3, muestra los rendimientos promedio (kg.ha⁻¹), correspondientes a cada tratamiento. De manera general se observa que los rendimientos de arveja y de maíz, en

monocultivos, son superiores a los rendimientos de los mismos, cuando se han cultivado de manera asociada (golpes intercalados). Igualmente se observa que los rendimientos en las parcelas con área de captación in situ del agua de lluvia, son superiores comparados a los que no tienen el área adicional de captación in situ del agua de lluvia.

Tabla 3. Rendimientos promedio de maíz y arveja. Pampa del Arco.

Tratamientos y Descripción	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)	
	Arveja	Maíz
T1: Monocultivo de arveja, sin captación in situ	3298,1	0
T2: Monocultivo de maíz, sin captación in situ	0	2566,1
T3: Cultivo asociado maíz-arveja, sin captación in situ	2196,7	1868,2
T4: Monocultivo de arveja, con captación in situ	3536,3	0
T5: Monocultivo de maíz, con captación in situ	0	2914,4
T6: Cultivo asociado maíz-arveja, con captación in situ	2402,2	2410,0

Los rendimientos alcanzados en el presente trabajo (tabla 3) son relativamente bajos, si comparamos a los reportados por diversos investigadores; sin embargo, se debe considerar que se trata de un cultivo en secano, en una región donde el agua es escasa, y los suelos tienen una pobre fertilidad química. Respecto a la arveja, Rondinel (2014), utilizando la fórmula de abonamiento 108-27-36 de N-P₂O₅-K₂O, para tres variedades de arveja (Usui, Remate y Rondo), determinó que el mayor rendimiento (10399 kg.ha⁻¹) de arveja en vaina verde se alcanzó con la variedad Usui, seguida por la variedad Rondo que reportó 9250 kg.ha⁻¹; asimismo, la mejor modalidad de siembra de arveja resultó ser a 0,30 m entre golpes, donde con la variedad Remate se alcanzó un rendimiento de 8902 kg.ha⁻¹. Rojas (2017), utilizando la variedad Quantun, alcanzó un rendimiento de 12,8 t.ha⁻¹, con un abonamiento de 6 t.ha⁻¹ de humus de lombriz, 1 t.ha⁻¹ de guano de islas y biol al 40 %. Soto (2015), con la variedad Usui, aplicando fertilizante biológico ecovida ha obtenido un rendimiento de 6700 kg.ha⁻¹ mientras con el testigo sin fertilizante biológico, 4200 kg.ha⁻¹.

En cuanto al maíz, la diferencia todavía es mayor; este cultivo por tener un ciclo mayor, se vio afectado por la escasez de agua en la fase de llenado de granos por lo que se cosecharon choclos bastante tiernos, con escaso desarrollo, pequeños, con pesos que no superaron ni siquiera los 100 g. Al respecto, Lapas (2014) para un estudio con arveja y maíz, reporta 10700 kg.ha⁻¹ de maíz en choclo en monocultivo, superior al rendimiento en policultivo (8230 kg.ha⁻¹ en maíz choclo, más 1850 kg.ha⁻¹ en vaina verde).

El análisis funcional de la variancia (ANAFUNVA) de los rendimientos de arveja y de maíz (tabla 4), indica respuestas altamente significativas entre los bloques y entre los tratamientos. La diferencia entre bloques se explica debido a que en los bloques I y II, el terreno es más suelto, mientras que el bloque III corresponde a un terreno relativamente compactado, ubicado en la parte más baja del área experimental. En este último bloque, los rendimientos fueron los más bajos.

Tabla 4. ANAFUNVA de los rendimientos de arveja y maíz.

F.V.	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloque	2	11718627.56	5859313.78	54.05	<.0001**
Tratamiento	5	9875644.21	1975128.84		<.0001**
C1	1	85071.71	85071.71	18.22	
C2	1	182004.52	182004.52	0.78	0.3965ns
C3	1	837925.84	837925.84	1.68	0.2242ns
C4	1	565952.13	2565952.13	7.73	0.0194*
C5	1	5036195.37	5036195.37	23.67	0.0007**
Error	10	1084055.19	108405.52	46.46	<.0001**
Total	17	22678326.96			

C.V.: 9.32%

La tabla 3 y figura 1, muestran que la influencia del área de captación de lluvia influye más en el cultivo de maíz, principalmente cuando se cultiva asociado con la arveja.

Las pruebas de contrastes ortogonales (Ci), que se muestran en la tabla 4, indican que no hay diferencia estadística entre los rendimientos de arveja en monocultivo (C1) sin o con área

de captación in situ del agua de lluvia, de la misma manera que para la comparación de los rendimientos de maíz en monocultivo (C2). El rendimiento conjunto de maíz y arveja (asociados) con área de captación in situ del agua de lluvia es superior al rendimiento de los mismos sin el área de captación (C3).

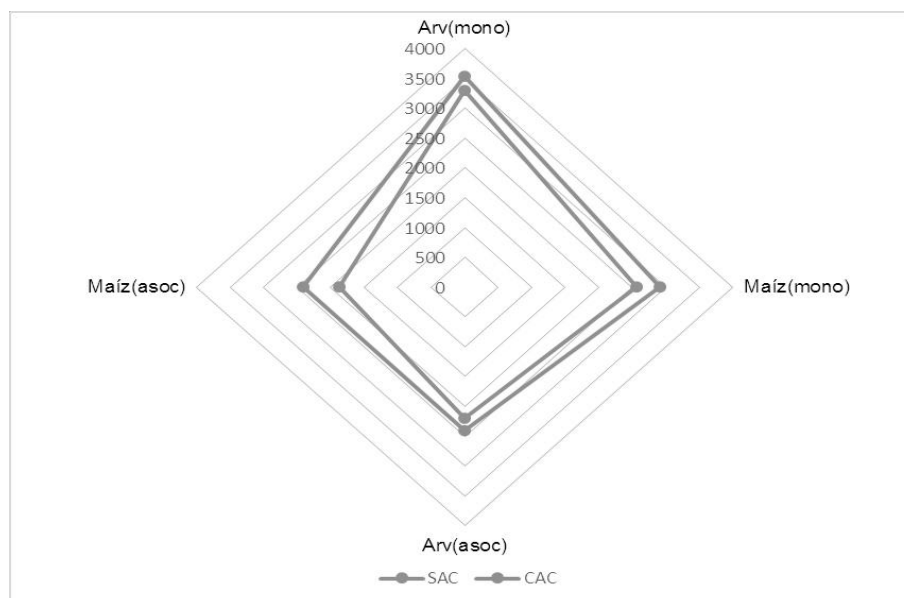


Figura 1. Rendimientos de maíz y arveja, en monocultivo y asociados, sin (SAC) y con área de captación in situ del agua de lluvia (CAC).

Del UET de la asociación maíz-arveja

Un cálculo sencillo del índice UET = $\sum(Y_a/Y_m)$, descrito con detalle en el capítulo anterior permitió elaborar la tabla 5; que indica un valor de 1,394 cuando no se cuenta con el área

adicional de captación in situ del agua de lluvia; sin embargo, mejora (1,506) cuando se cuenta con el área adicional de captación in situ del agua de lluvia.

Tabla 5. Rendimientos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) de maíz y arveja, y UET.

Cultivo	sin captación			con captación		
	asociado	monocultivo	UET	asociado	monocultivo	UET
Arveja	2196,67	3298,15	0,666	2402,22	3536,30	0,679
Maíz	1868,15	2566,11	0,728	2410,00	2914,44	0,827
$\sum (Y_a/Y_m)$	UET asocio (s/capt.)		1,394	UET asocio (c/capt.)		1,506

Según el índice UET, la asociación maíz-arveja resultó ser más productiva, en cualquier sistema de producción; 1 hectárea de esta asociación mostró el mismo rendimiento como lo tendrían 1,394 ha (sin área de captación) o 1,506 ha (con captación) de estas especies en monocultivo. El maíz en el policultivo de maíz-arveja fue el menos productivo ($1868 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Se destaca que los policultivos (asociación maíz-arveja) generaron un UET mayor a 1, tanto si no cuentan con el área de captación in situ del agua de lluvia (1,394), como cuando tienen esta área adicional, para captar el agua de lluvia (1,506). De esta forma se ha determinado que el policultivo maíz-arveja con manejo adecuado genera mayor producción, debido probablemente a las sinergias altamente funcionales entre el maíz y la arveja, y el agua adicional suministrada por el área de captación de lluvias.

La asociación de maíz y arveja, con área adicional de captación in situ del agua de lluvia, generó el mayor índice Uso equivalente de la tierra (UET), 1,506; es decir, para lograr los rendimientos de la asociación maíz y arveja en una hectárea, se requiere 1,506 ha de estos cultivos como monocultivo (6790 m^2 de arveja y 8270 m^2 de maíz), o en otras palabras, maíz y arveja asociados produjeron 51% más cosecha por área que ambos cultivos en monocultivo.

En un estudio aproximado al presente, realizado por Lapas (2014) con arveja Usui y maíz Blanco Amiláceo, se evaluó el sistema de policultivo maíz-arveja, comparando a monocultivos de los mismos; los rendimientos alcanzados fueron: 4328 kg/ha de arveja en vaina verde y 10700 kg/ha de maíz en choclo, superiores al rendimiento en policultivo que fue: 1850 kg/ha en vaina verde y 8230 kg/ha en maíz choclo. El UET para la asociación en este caso es 1,196 (0,427 para la arveja y 0,769 para el maíz). A pesar de que no se trata de las mismas variedades utilizadas en el presente experimento, los rendimientos de arveja alcanzados se aproximan a los reportados por Lapas (2014); sin embargo, respecto al maíz, son significativamente inferiores a los alcanzados por el mismo autor.

Se destaca en la presente investigación, la importancia de cultivar policultivos en estas condiciones y más aun implementando un sistema simple de captación in situ del agua de lluvia, consistente en habilitar un área de captación y escurrimiento del agua de lluvia para complementar el requerimiento de agua de estos cultivos.

Los resultados encontrados, permiten arribar a las conclusiones siguientes:

1. El establecimiento de un área adicional de captación del agua de lluvia, sobre las parcelas de cultivo no ha contribuido significativamente en los rendimientos de maíz y arveja como monocultivos; sin embargo, cultivados como policultivo (asociación maíz-arveja) los rendimientos se han incrementado significativamente respecto al policultivo sin el área de captación.
2. El Índice Uso equivalente de la tierra (UET) para el policultivo maíz-arveja es mayor a la unidad: 1,394 y 1,506, con y sin área de captación, respectivamente; el establecimiento del área adicional de captación del agua de lluvia, sobre las parcelas del policultivo, es más beneficioso por la mejora significativa de los rendimientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lapas, E. (2014). Efecto de cultivo asociado de maíz (*Zea mays* L.) con arveja (*Pisum sativum* L.) en el uso eficiente de la tierra, en condiciones de Pomacocha - Acobamba - Huancavelica. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú.

Rojas, C.A. (2017). Producción de arveja verde “quantum” (*Pisum sativum* L.) con aplicaciones de humus de lombriz, guano de islas y biol en condiciones agroclimáticas de Tiabaya – Arequipa. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional San Agustín. Arequipa, Perú.

Rondinel, R. (2014). Rendimiento en vaina verde de tres variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) en tres modalidades de siembra bajo el sistema de agricultura de conservación. Canaán a 2750 msnm-Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.

Soto, J.J. (2015). Efecto de la aplicación de fertilizantes biológicos en el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Usui en condiciones de Chuclaccasa Yauli-Huancavelica. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú.

Tineo, A. (2012). El análisis funcional de la varianza. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.

ESTIMACIÓN DEL APOORTE DE SEDIMENTO EN LA CUENCA DEL RÍO YUCAES – HUAMANGA - AYACUCHO - 2018

Jorge Pastor Watanabe

Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Agrarias
Programa de Investigación en Agua y Energía- Área de Recursos Hídricos
E-mail: Jpw7_74@hotmail.com

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivos, determinar los parámetros geomorfológicos e hidrológicos, análisis granulométrico, que permitieron estimar la carga en suspensión y de arrastre de fondo, asimismo las metodologías utilizadas para estimar la producción de sedimentos en la cuenca de Yucaes. Se emplearon metodologías para calcular las curvas Intensidad - Duración - Frecuencia (curvas I-D-F), así como los métodos empleados para calcular el caudal máximo promedio (244.89 m³/s) y se empleó la curva granulométrica para determinar el diámetro medio ($D_m = 9.2$ mm), la rugosidad del río ($n = 0.063$). También, se utilizaron metodologías para estimar la capacidad de transporte de sedimentos de una corriente como la Ecuación Universal Modificada de Pérdida de Suelo (MUSLE), el método propuesto por Gracia, la USBR, Schoklitsch, Mizuyama & Shimohigashi, Smart & Jaeggi, Bathurst et al., Meunier, Rickenmann, etc.

Palabras clave: Parámetros geomorfológicos, carga en suspensión, arrastre de fondo, sedimentos.

ESTIMATING THE CONTRIBUTION OF SEDIMENT IN THE YUCAES RIVER BASIN - HUAMANGA - AYACUCHO - 2018

ABSTRACT

The objective of this research was to determine geomorphological and hydrological parameters, granulometric analysis, which allowed us to estimate the load in suspension and bottom trawling, as well as the methodologies used to estimate sediment production in the Yucaes basin. Methodologies were used to calculate the Intensity - Duration - Frequency curves (IDF curves), as well as the methods used to calculate the average maximum flow (244.89 m³ / s) and the granulometric curve was used to determine the average diameter ($D_m = 9.2$ mm), the roughness of the river ($n = 0.063$). Also, methodologies were used to estimate the sediment transport capacity of a stream such as the Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE), the method proposed by Gracia, the USBR, Schoklitsch, Mizuyama & Shimohigashi, Smart & Jaeggi, Bathurst et al., Meunier, Rickenmann, etc.

Keywords: Geomorphological parameters, suspension load, bottom drag, sediments.

INTRODUCCIÓN

La erosión constituye uno de los problemas medioambientales y socioeconómicos más importantes a nivel global del siglo XXI. (Walling y Fang, 2003).

El problema de la erosión requiere el reconocimiento de los procesos erosivos y el estudio de sus factores causales, para establecer políticas de conservación, la lluvia es el factor determinante en los procesos de erosión hídrica. (Fournier, 1972).

Barahona (2006), menciona, que la problemática en las cuencas, en la mayoría de los casos, es el resultado de acciones antropogénicas que posteriormente se revierten en contra del hombre.

Por tanto, los problemas que se presentan en los diseños de estructuras hidráulicas cuando se necesita evaluar de manera confiable los volúmenes de sedimentos que los ríos transportan hasta las obras que a menudo ocasionan fallas en la operación de bocatomas, presas de embalse, puentes, defensas ribereñas, etc. De ahí radica la importancia de realizar estudios que conlleven a un mejor manejo de los

sedimentos del río.

El trabajo que me inspiró estar realizando, es considerar una metodología para estimar la producción y el transporte de sedimentos, la carga total de sedimentos transportada por la red de drenaje, el coeficiente de escorrentía y los parámetros de la cuenca y que sea aplicable para predecir el comportamiento de la cuenca.

El presente trabajo de investigación ha tenido como objetivos los siguientes:

1. Determinar los parámetros geomorfológicos, hidrológicos, estudios de suelos de la cuenca Yucaes.
2. Metodologías para estimar la producción de sedimentos en la cuenca de Yucaes.
3. Estimar la carga total de sedimentos transportada por la red de drenaje.

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó el año 2018, en el área de recursos hídricos del Programa de Investigación en Agua y Energía, de la Facultad de Ciencias agrarias – Escuela

Profesional de Ingeniería Agrícola - Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

El área de estudio corresponde a la cuenca del río Yucaes, que está ubicada en el Centro Sur del Perú, en la Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho, abarca parte de los distritos de Chiara, Socos, Carmen Alto, San Juan Bautista, Acocros, Tambillo y Ayacucho. La cuenca río Yucaes se encuentra a una altitud que fluctúa entre 2500–4300 msnm; y con un área de aproximadamente 692.80 km².

Diseño metodológico detallado

Diseño de la Investigación

Según el enfoque metodológico, el tipo de diseño de Investigación está considerada como No Experimental.

Es un diseño de carácter cualitativo y cuantitativo. Estadístico e hipotético (Hernández, Fernández y Baptista, 2006), estadístico por la generalización de los resultados e hipotético, debido al contraste de la hipótesis.

El diseño utilizado es bivariado, donde se utiliza dos variables.

Diagrama simbólico de diseño

El diagrama formalizado o simbólico de la investigación, (Sánchez-Reyes, 1983: 61-66)

Diagrama de la investigación correlacional:

Se presenta el Diseño Correlacional.

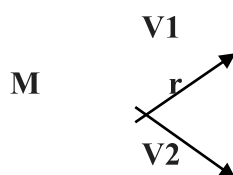


Figura 1: Diagrama de investigación

M = Muestra

VI = Caudal del río Yucaes

VD = Transporte de sedimentos

r = relación

Enfoque metodológico

El enfoque metodológico que se utilizará para la realización del presente trabajo será:

Nivel de investigación

En este caso utilizaremos la investigación es de tipo correlacional y explicativa, la cual de acuerdo con (Hernández, Fernández y Baptista, 2006), la primera evalúa la relación que existe entre dos o más variables y la segunda establece la causa de los sedimentos, debido a las máximas avenidas.

Se realizó lo siguiente:

El ensayo de granulometría de acuerdo a la norma ASTM C136-96

Rev. Inv. UNSCH (27,1,2019)
ISSN 1684-0089

Se utilizó la metodología de Cowan para estimar el coeficiente de rugosidad del río (n)

El método de Cowan es un método sencillo de cálculo y su aplicación es muy frecuente en el cálculo de diversos parámetros hidráulicos como el caudal circulante en un curso natural de agua.

En lo que respecta al cálculo del valor de “n”, por el método de estudio, se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$$

Utilizando las fórmulas propuestas en el marco teórico para estimar el aporte de sedimentos.

- Ecuación Universal Modificada de Pérdida de Suelo (MUSLE) se define:

$$Y = AS = 1.856 * (Q * I_{max})^{0.56} * (A)^{0.12} * K_x L_x S_x C P_m$$

- Con el método propuesto por Gracia (s.f)

El coeficiente de entrega de sedimentos CES:

$$CES = 100 * \frac{AS}{ET}$$

- Método de la United States Department of the Interior Bureau of Reclamation (USBR)

$$AS = 1421.8 * (A_c)^{-0.229}$$

Dónde:

AS: aporte de sedimento, en m³/km²-año

Ac = área de la cuenca en km²

- Mizuyama y Shimohigashi

$$C = \frac{20}{((\frac{\rho_s}{\rho}) - 1)^2} S^2 (6) \quad \text{Tomando } (\frac{\rho_s}{\rho}) = 2.65 \text{ resulta}$$

$$C = 7.35 S^2 (7)$$

- Mizuyama

$$C = 5.5 S^2 (3)$$

- Método de Schoklitsch

Con la fórmula

$$g_B = 2500 * S^{1/3} * (q S^{7/6} - 19.05 \tau_{*c}^{5/3} \Delta^{5/3} D^{3/2})$$

- Smart Y Jaeggi (1983)

$$C = 2.5 S^{1.6}$$

- Bathurst et al. (1987)

Proponen la ecuación de schoklitsch:

$$C = \frac{2.5}{((\frac{\rho_s}{\rho}) - 1)} S^2 (1 - \frac{q_c}{q}) (8)$$

Si se considera $(\frac{\rho_s}{\rho}) = 2.65$ y $(\frac{\tau_c}{\tau}) \rightarrow 0$ se obtiene:

$$C = 0.9 S^{1.5}$$

Meunier (1989)

$$C = 6.3S^{2.02}$$

Rickenmann (1990)

Propone la ecuación:

$$C = \frac{11}{\left(\frac{\rho_s}{\rho}\right) - 1} \left(\frac{d_{90}}{d_{50}}\right)^{0.2} S^{2.1} \quad (11)$$

Considerando $\left(\frac{\rho_s}{\rho}\right) = 2.65$ para granulometría sensiblementeuniforme $\left(\frac{d_{90}}{d_{50}}\right)^{0.2} = 1.05$ puede escribirse:

$$C = 7.0S^{2.1}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Estudio hidrológico

Se tiene como información:

Datos base de la cuenca de Yucaes:

Saccatoma (2017)

Área de la cuenca: 692.8 km²

Cálculo del coeficiente de rugosidad del río

Representaremos todos los datos obtenidos en campo en la siguiente tabla 1:

Tabla 1: Valores obtenidos del coeficiente de rugosidad.

rugosidad	Valor obtenido
n ₀	0.028
n ₁	0.01
n ₂	0.005
n ₃	0.02
n ₄	0.005
m ₅	1.00

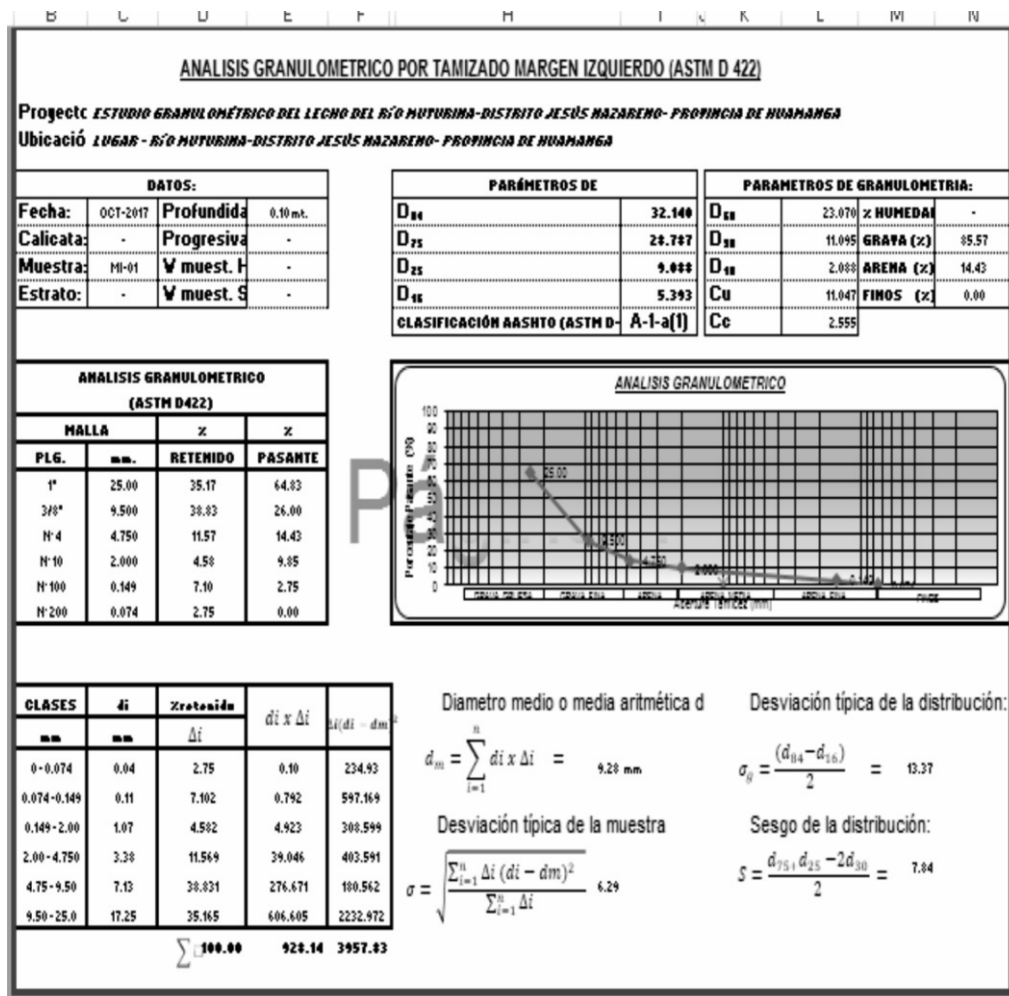
Con los valores representados en la tabla 1, obtenidos de la fase de campo de la condición del cauce para el coeficiente de rugosidad, se procedió a calcular el valor de “n” con la fórmula propuesta de Cowan.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m$$

$$n = (0.028 + 0.010 + 0.005 + 0.020 + 0.005) * 1.00$$

$$n = 0.063$$

Del análisis granulométrico se ha obtenido



Estimación del aporte de sedimento, AS:

Cálculo de la capacidad de transporte de una corriente a través de la Ecuación Universal Modificada de Pérdida de Suelo (MUSLE) se define:

$$Y = AS = 1.856 * (Q * I_{máx...})^{0.56} * (A)^{0.12} * KxLxSxCP_m$$

Datos:

P = 660.06 mm/año en promedio

Cálculo de Q:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

Calculo S:

$$S = 25.4 * \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \dots (mm)$$

$$S = 25.4 * \left(\frac{1000}{80} - 10 \right) \dots = 63.5 (mm)$$

Calculando la escurrentía directa en lámina de agua, Q:

$$Q = \frac{(660.06 - 0.2 * 63.5)^2}{(660.06 + 0.8 * 63.5)} = 589.53 \text{ mm}$$

$$I_{máx} = 5.80 \text{ mm/h (curvas I - D - F)}$$

A = 69,280.00 ha

K = 0.016 Ton*ha*h/ha*MJ*mm

L.S = 5.255 Adim.

C = 0.24 Adim.

Pm = 0.84 Adim.

$$Y = 1.856 * (589.53 * 5.80)^{0.56} * (69,280)^{0.12} * 0.016 * 5.255 * 0.24 * 0.84$$

$$AS = Y = 11.42 \text{ t/ (ha*año)}$$

Con el método propuesto por Gracia (s.f)

El coeficiente de entrega de sedimentos CES:

$$CES = 100 * \frac{AS}{ET}$$

Despejando AS obtenemos la siguiente fórmula:

$$AS = \frac{CES * ET}{100}$$

Considerando el figura 2, de la relación Área – CES, se calcula el % CES (ASCE) aproximadamente CES = 24 %.

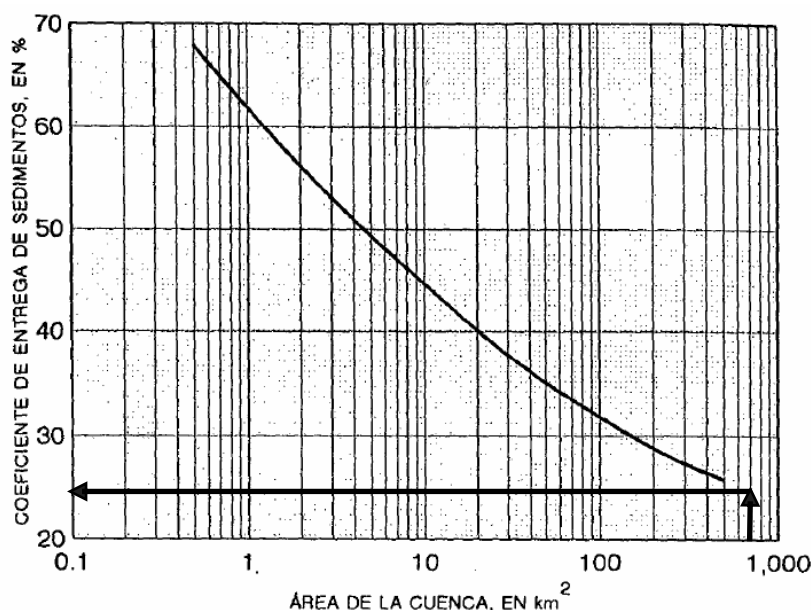


Figura 2: Gráfica para determinar el coeficiente de entrega de sedimentos CES

Fuente: Gracia (s.f.)

$$ET = A_a$$

Aa = 69.95 t/ha*año.

ET = 69.95 t/ha*año.

$$AS = \frac{24 * 69.44}{100}$$

$$AS = 16.67 \text{ t/ha*año.}$$

La USBR, propone un criterio para evaluar el aporte de sedimentos (AS), que se basa en mediciones realizadas en varias cuencas del suroeste de EUA. La ecuación propuesta es la siguiente:

$$AS = 1421.8 * (A_c)^{-0.229}$$

Dónde:

AS: aporte de sedimento, en m³/km²-año

Ac = 692.80 km²

Sustituyendo valores en la ecuación propuesta, se tiene:

$$AS = 1421.8 * (692.80)^{-0.229} = 317.94 \frac{m^3}{km^2 * año} * \frac{2.65 ton}{m^3} * \frac{1 km^2}{100 ha}$$

$$AS = 8.43 t / (ha * año)$$

La estimación de aporte de sedimentos promedio es 12.19 t/ (ha*año).

Método de Schoklitsch

Fórmula para evaluar el arrastre de fondo

$$g_B = 2500 * S^{1/3} * (q S^{7/6} - 19.05 \tau_{*c}^{5/3} \Delta^{5/3} D^{3/2})$$

Fórmula de Meyer-Peter y Muller

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma) * D_M} = 0.047$$

$$\tau_c = 0.047 * (1600) * 0.0092 = 0.6918 \frac{kg}{m^2}$$

$$G_s = 2500 * (18) * (0.0019)^{1/3} \left[\left(\frac{244.89}{18} \right) (0.0019)^{7/6} - 19.05 * (0.6918)^{5/3} * 1.60^{5/3} * 0.0092^{3/2} \right]$$

$$G_B = 68.12 kg / s$$

Cálculo de la capacidad de transporte de una corriente

De la fórmula propuesta por los autores que investigan está temática:

$$C = \frac{Q_s}{Q}$$

La ecuación anterior se puede expresar:

$$Q_s = Q * C$$

$$C = \frac{20}{\left[\left(\frac{\rho_s}{\rho} \right) - 1 \right]^2} * S^2$$

$$\left(\frac{\rho_s}{\rho} \right) = 2.65$$

$$S = 3.96 \%$$

$$Q = 244.89 m^3/s$$

$$C = 7.35 * 0.04^2$$

$$C = 0.01176$$

Sustituyendo valores en la ecuación propuesta, se tienen:

a) Mizuyama

$$Q_s = 5.5 * 0.04^2 * 244.89 = 2.155 m^3/s$$

b) Mizuyama y Shimohigashi:

$$C = 7.35 * S^2$$

$$Q_s = 7.35 * 0.04^2 * 244.89 = 2.8789 m^3/s$$

c) Smart y Jaeggi

$$Q_s = 2.5 * 0.04^{1.6} * 244.89 = 3.5498 m^3/s$$

d) Bathurst et al:

$$Q_s = 0.94 * 0.04^{1.5} * 244.89 = 1.7632 m^3/s$$

e) Meunier:

$$Q_s = 6.3 * 0.04^{2.02} * 244.89 = 2.314 m^3/s$$

f) Rickenmann 1:

$$Q_s = 7 * 0.04^{2.1} * 244.89 = 1.9879 m^3/s$$

g) Rickenmann 2:

$$Q_s = 9.26 * 0.04^{2.3} * 244.89 = 1.3963 m^3/s$$

h) Rickenmann 3:

$$Q_s = 1.56 * 0.04^{1.5} * 244.89 = 3.056 m^3/s$$

DISCUSIÓN

Se tienen las siguientes discusiones:

Aun cuando el arrastre de fondo representa menos de 20% de la descarga total de sedimentos de una corriente natural (Reid y Frostick, 1987), éste tiene importancia inmediata en la planeación para el manejo de cuerpos de agua, para aumentar el conocimiento de los impactos de la sedimentación sobre hábitats acuáticos, azolve de vasos de almacenamiento y cauces naturales, y para identificar cambios climáticos según estudios recientes (Osterkamp y Parker, 1991; Leopold, 1994; Lane et al., 1996). No obstante lo anterior, se carece de una fuente organizada y sumariada sobre transporte de sedimentos de fondo disponible en español.

El enfoque tradicional para la predicción de la descarga de sedimentos de fondo en corrientes naturales ha sido a través del uso de ecuaciones empíricas. La importancia de elegir una ecuación con gran capacidad predictiva, permite además de mejorar la habilidad para implementar acciones que reduzcan la descarga de sedimentos en cauces, vasos de almacenamiento e infraestructura.

En la literatura se reporta que los contaminantes que poseen coeficientes de distribución suelo-agua muy altos, merecen una atención especial en estudios de calidad del agua porque la concentración del contaminante es mayor en la superficie de las partículas de sedimento, en suspensión o de fondo, que el disuelto en el agua (Oliver y Charlton, 1984).

Los resultados sedimentológicos obtenidos muestran que aproximadamente el 95% del material del lecho corresponde a arenas medias y finas, y el resto a material fino.

Con el método de Cowan se ha obtenido un coeficiente de rugosidad del río no tan alta que va hacer importante para el empleo de nuestras fórmulas propuestas para la determinación de la carga de sedimentos.

Así mismo, la determinación del análisis granulométrico nos permitirá un mejor análisis de las fórmulas que se proponen para la determinación de la carga total.

Conclusiones

Se concluye con un trabajo de investigación donde se realiza un estudio de hidrología, de hidráulica fluvial obteniéndose no solamente la rugosidad del río, la curva granulométrica que son aspectos importantes para la estimación del aporte de sedimento de la cuenca de Yucaes.

Una evaluación de las metodologías y fórmulas empleadas para la estimación del aporte de sedimentos al río.

Se han realizado con el empleo de fórmulas empíricas la estimación del aporte de sedimento en la cuenca del río Yucaes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gracia, S. J. y Maza, A.J. (1997). Morfología de ríos. Instituto de Ingeniería UNAM. México.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). Metodología de la Investigación. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana de México. 497 pp.

Meyer-Peter, E y R. Muller. (1948). Fórmulas for bedload transport. International Association for hydraulic Structures Research. Stockholm, Sweden.

Mizuyama, T. y Shimohigashi, H. (1985). Aplicación a la cuenca del río Allahualla Influence of fine sediment concentratios on sediment transportes rates. Jap. Civil Eng. Jour 27-1.

Mizuyama, T. y Shimohigashi, H. (1985). Aplicación a la cuenca del río Allahualla Influence of fine sediment concentratios on sediment transportes rates. Jap. Civil Eng. Jour 27-1.

Saccatoma, V. (2017). Estimación de la erosión hídrica y el manejo de aguas en la cuenca de Yucaes – Huamanga – Ayacucho - 2017. (Tesis para el título profesional). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho.

Walling, D. E. & Fang, D. (2003). “Recent trends in the suspended sediment loads of the world’s rivers.” Global and Planetary Change.

CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

DERMATOFITOSIS HUMANA EN UNA COMUNIDAD CON DESIGUALDAD SOCIAL, AYACUCHO 2018

Serapio Romero Gavilán

Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Biológicas
Programa de Investigación en Biodiversidad y Gestión Ambiental - Sub Programa de Biodiversidad
E-mail: seroga2157@hajoo.es

RESUMEN

Trabajo de investigación desarrollado con el **objetivo** de conocer la frecuencia de la dermatofitosis humana en una comunidad con desigualdad social. **Hipótesis:** la dermatofitosis humana es una afección fúngica muy frecuente en comunidades con desigualdad social. **Zona de estudio:** comunidad con desigualdad social periurbana de la ciudad de Ayacucho. **Tipo de estudio:** no experimental. **Diseño de estudio:** descriptivo-transversal. **Muestra:** no probabilística, individuos con signos de afecciones compatibles a micosis superficial. **Metodología:** muestras de escamas de piel, pelos, fragmentos de uñas de pies y manos, escamas de planta, espacios interdigitales y otras partes de cuerpo, fueron tomadas con una hoja de bisturí de filo romo o con el borde de un portaobjetos previa desinfección con alcohol al 70% y colocadas en sobres de papel oscuro etiquetados, en el laboratorio de Epidemiología y Micología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, se realizó la observación directa con KOH al 20% y la siembra en placas Petri conteniendo Agar Sabouraud y Agar selectivo para hongos patógenos, después de una incubación a 25°C por hasta 14 días; las colonias coincidentes con dermatofitos fueron observados al microscopio para identificarlos. **Resultados:** se ha encontrado que 85/153 (55,5%) presentaron diversas formas de dermatofitosis, no se observó preferencia de la dermatofitosis humana con relación al género ($p > 0,05$), los factores asociados a la dermatofitosis determinados estadísticamente ($p < 0,05$) fueron la higiene, el piso de la vivienda y la crianza de animales, se han identificado las especies de *Trichophyton rubrum*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Microsporum canis* y *Microsporum gypseum*.

Palabras clave: Desigualdad social. Dermatomitos.

HUMAN DERMATOPHYTOSIS IN A COMMUNITY WITH SOCIAL INEQUALITY, AYACUCHO 2018

ABSTRACT

Research work developed with the **objective** of knowing the frequency of human dermatophytosis in a community with social inequality. **Hypothesis:** Human dermatophytosis is a very common fungal condition in communities with social inequality. **Study area:** community with peri-urban social inequality in the city of Ayacucho. **Type of study:** not experimental. Study design: descriptive-transversal. Sample: non-probabilistic, individuals with signs of conditions compatible with superficial mycosis. **Methodology:** samples of skin scales, hairs, finger and hand nail fragments, plant scales, interdigital spaces and other body parts, were taken with a blunt-edged scalpel blade or with the edge of a slide prior to disinfection with 70% alcohol and placed in labeled dark paper envelopes, in the laboratory of Epidemiology and Mycology of the National University of San Cristóbal de Huamanga, direct observation was carried out with 20% KOH and sowing in Petri dishes containing Sabouraud agar and Selective agar for pathogenic fungi, after incubation at 25 °C for up to 14 days; colonies coinciding with dermatophytes were observed under a microscope to identify them. **Results:** it was found that 85/153 (55.5%) presented various forms of dermatophytosis, there was no preference for human dermatophytosis in relation to gender ($p > 0.05$), the factors associated with dermatophytosis determined statistically ($p < 0.05$) were hygiene, housing floor and animal husbandry, *Trichophyton rubrum*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Microsporum canis* and *Microsporum gypseum* species have been identified.

Keywords: Social inequality. Dermatomitos.

INTRODUCCIÓN

Los gobernantes de los países a nivel mundial siempre han estado comprometidos con acabar con la pobreza, al menos teóricamente, han dicho que luchar contra la pobreza extrema es clave para el logro de los objetivos del milenio. En nuestro país, los funcionarios gubernamentales han planificado el trabajo bajo el enfoque de desarrollo de capacidades, apoyando a funcionarios estatales y de la sociedad civil, para que lideren la lucha contra la pobreza y la desigualdad. A

pesar de que los distintos niveles del gobierno y las organizaciones sociales han trabajado en el diseño y la implementación de políticas públicas, planes y programas y la focalización y monitoreo de la lucha contra la pobreza y el hambre, la pobreza sigue siendo un problema latente. De acuerdo con la información de las Naciones Unidas (2015), a nivel mundial en el curso de las dos últimas décadas, la pobreza extrema se ha reducido de manera muy significativa; en 1990 aproximadamente la mitad de la población de las regiones en vías de desarrollo vivían con menos de 1,25

dólares el día, para el 2015 este porcentaje ha descendido al 14%, los pobres extremos han descendido de 1 900 millones en 1990 a 386 millones en el 2015, entre 1991 a 2015 los trabajadores de clase media que vive con más de 4 dólares el día se ha triplicado.

Sin embargo, pareciera el comportamiento de la pobreza, el hambre, la desnutrición, las enfermedades, la contaminación, etc. no seguir la tendencia esperada, razón por la que, los mandatarios de los países integrantes de las Naciones Unidas, desde enero del 2016 han puesto en marcha los objetivos de desarrollo sostenibles ODS, para seguir luchando contra la pobreza, que de manera particular postulo que es la madre de todos los males que padece a sociedad, entre ellas las enfermedades básicamente la infecciosas, por lo que, hubo la necesidad de replantear esta agenda ahora bajo la denominación de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, son en total 17 objetivos cuyo punto inicial tiene que ver con la pobreza “Fin de la Pobreza”, un ambicioso programa que además busca erradicar el hambre, mejorar la salud y la educación, construir ciudades más sostenibles, luchar contra el cambio climático y proteger los bosques y océanos (Naciones Unidas (2015).

Ayacucho, es una región que cuenta con muchas zonas con pobreza objetiva y subjetiva, tiene ciudades con asentamientos cuya población tiene muchas carencias, como los bajos ingresos económicos, viviendas adecuadas, agua potable, alcantarillado, que junto la higiene personal y familiar, crianza de animales domésticos, entre otros, son factores de riesgo para cualquier enfermedad infecciosa, entre ellos las micosis superficiales.

Para nuestro trabajo buscamos una zona con las condiciones arriba mencionadas para así demostrar que las poblaciones menos atendidas por el gobierno central, regional y local, presentan aún en el siglo que vivimos con bastante adelanto tecnológico, altas frecuencias de micosis, cuyos agentes están en el suelo, hombre y animales, convirtiéndose ellos en reservorio y una fuente de infección, cuando principalmente los niños juegan en el suelo y conviven con los animales; los hongos cuando llegan a la piel, solo necesita que la persona esté con un sistema inmunológico bajo, claro está que la primera fuente de cuidar el sistema inmunológico es la alimentación, en lugares donde la familia no tiene buen ingreso económico, esta necesidad se ve disminuida en su atención. Teniendo en cuenta esta realidad se planificó la investigación con los siguientes objetivos:

Objetivo General

Conocer la frecuencia de la dermatofitosis humana en una comunidad con desigualdad social en la ciudad de Ayacucho, 2018.

Objetivos específicos

- Determinar la frecuencia de casos de dermatofitosis humana en una comunidad con desigualdad social, Ayacucho 2018.
- Identificar los factores de riesgo asociados a la dermatofitosis humana en una comunidad con desigualdad social, Ayacucho 2018.
- Identificar las especies de dermatofitos asociados a la dermatofitosis humana en una comunidad con desigualdad social, Ayacucho 2018.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Ubicación de la zona de estudio

Comunidad con desigualdad social ubicada en la parte periurbana de la ciudad de Ayacucho. Al momento del estudio, se caracterizaban por no contar con condiciones de saneamiento básico, calles no asfaltadas, consumo de agua no tratada o tratada o potable con instalación en caño público, sin instalaciones de desagüe, viviendas rústicas, crianza de animales de corral o de compañía, condiciones de la vivienda e higiene personal.

2. Tipo de estudio

El presente estudio corresponde a una investigación de tipo no experimental, debido a que el investigador no manipula ninguna de las variables que intervienen en el estudio, se observa el fenómeno (Hernández y col. 2014) (Restrepo y González, 2010) tal como se da en su contexto natural. Además, resulta complejo separar los efectos de las múltiples variables que intervienen, sin embargo, puede realizarse por inferencia.

3. Diseño de la investigación

El diseño utilizado en la investigación fue el descriptivo transversal, se define este diseño como una metodología que permite recolectar los datos motivo del estudio en un momento dado del tiempo, en el que las mediciones de la exposición y el efecto corresponden al mismo momento (Bonita y col. 2010).

4. Población

Pobladores de una comunidad con desigualdad social periurbana de la ciudad de Ayacucho.

5. Tamaño de muestra

La muestra para el estudio fue no probabilística porque la elección de las unidades de análisis no dependió de la probabilidad, sino, de causas relacionadas con las características de la investigación y los propósitos del investigador (Hernández y col. 2014) (Velazco y col. 2003). En la muestra se incluyeron individuos con signos de afecciones compatibles a micosis superficial.

6. Métodos Instrumentales para la recolección de datos

6.1. Fase pre analítica

• Solicitud de consentimiento/asentimiento

Previo a la toma de muestra biológica, se solicitó su consentimiento y/o asentimiento oral a las personas que aceptaron participar en el estudio, haciendo notar los objetivos que se quiere lograr y los beneficios o daños para el participante.

• Indagaciones previas a la toma de muestra biológica

A las personas que han sido identificadas como unidades de análisis por cumplir con los criterios de selección, se les preguntó previo a la toma de la muestra, si estaban recibiendo algún tipo de tratamiento con antimicótico sea de venta comercial o natural, tampoco debieron haberse aseado con algún producto que contenga antifúngico alguno (Suardíaz y col. 2004).

6.2. Fase analítica

- **Toma de muestra biológica** (Arenas, 2014) (Bonifaz, 2012) (Fernández, 2005)

Las muestras de piel, pelos o uñas se obtuvieron después de una desinfección de la zona afectada con etanol al 70%.

En las lesiones con descamación, se realizó un raspado del borde de la lesión utilizando el borde romo de un bisturí estéril o, simplemente, con el borde de un portaobjetos. En la tinea capitis, las muestras se tomaron de la descamación con bisturí o porta objetos estériles y los pelos infectados fueron recolectados con ayuda de una pinza estéril.

La toma de muestra de las uñas varió en función del área afectada. En el caso de las onicomycosis subungueales, la muestra se tomó del material subungueal o se cortaron pequeños trozos de la parte más proximal de la uña con alicates desinfectados. En las onicomycosis distales, proximales o dorsales fueron necesarios romper la superficie de la uña para conseguir una muestra adecuada. Cuando la uña estaba afectada superficialmente, la toma de muestra se realizó raspando la parte superficial de la misma con un bisturí. Las escamas, pelos, costras o raspados de uñas se depositaron en pequeñas bolsas de papel color oscuro etiquetados para su transporte al laboratorio.

- **Examen directo**

Las muestras clínicas fueron observadas microscópicamente por examen en fresco usando hidróxido de potasio al 40% (Arenas, 2014) (Bonifaz, 2012) (Fernández, 2005).

- **Cultivo de la muestra**

Las muestras fueron sembradas en placas de Petri conteniendo agar Sabouraud y agar selectivo para hongos patógenos. Se incubaron a 25 °C por un período de 7 a 14 días. Cuando se observaron una o más colonias compatibles macroscópicamente con colonias de dermatofitos, se repicaron en medios de

agar Sabouraud en tubos para su posterior identificación (Arenas, 2014) (Bonifaz, 2012) (Fernández, 2005).

- **Identificación de los dermatofitos**

Examen macroscópico

Se consideraron las características culturales, como el color de las colonias, su textura, la velocidad de crecimiento y pigmentación difusible en el agar. Generalmente la mayoría de las colonias de dermatofitos muestran colores claros, desde blanquecinos, amarillentos o marrones. Las colonias sospechosas de *M. gypseum* eran planas o pulverulentas. Las colonias convexas, flocosas, vellosas o granulares eran sospechosas de *T. rubrum*. Las posibles *T. tonsurans* tenían colonias plegadas o cerebriformes y las colonias vellosas, plegadas o de forma variable eran sospechosas para *E. floccosum* (Arenas, 2014) (Bonifaz, 2012) (Fernández, 2005).

Examen microscópico

Se observaron las características microscópicas de las colonias en preparaciones realizadas con la técnica de la cinta adhesiva. Un pequeño trozo de cinta adhesiva transparente se adhirió a una pinza previamente flameada y se presionó ligeramente sobre la superficie del cultivo, se agregó de una a dos gotas de azul de lactofenol y se cubrió con un cubreobjetos y se observó al microscopio los objetivos de 100X y 400X. Se consideró la morfología, el tamaño, el número de septos, el grosor de la pared de los macroconidios y la morfología y la disposición de los microconidios sobre las hifas. Otras características tales como la presencia de clamidosporas, hifas en asta de ciervo e hifas en espiral serán también de utilidad. La identificación de las cepas se realizó básicamente teniendo en cuenta los criterios de Rebell et al. (1979) Citado por Cabañez (2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

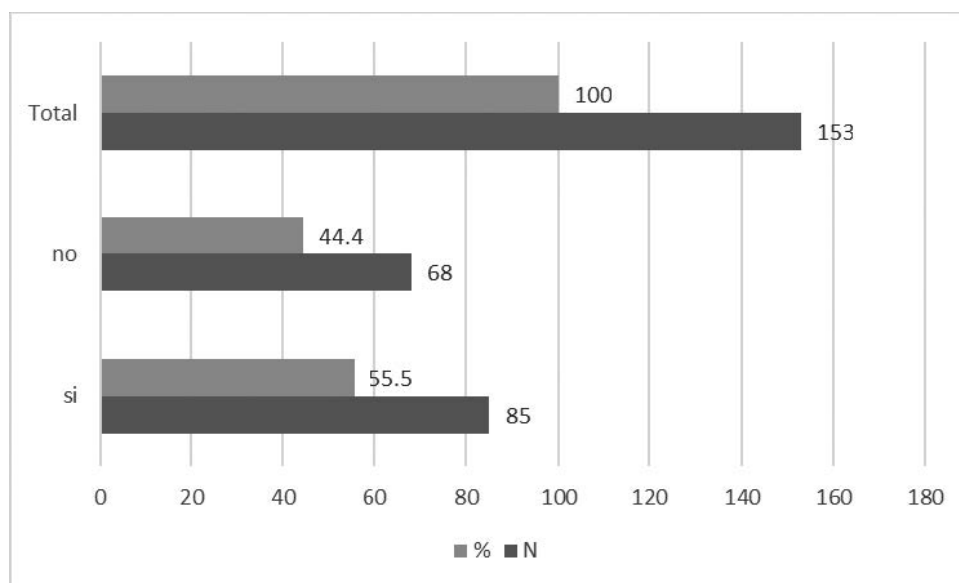


Figura 1. Distribución porcentual de casos de micosis superficial humana confirmados por cultivo micológico.

Tabla 1. Frecuencia de micosis superficial humana con relación al género.

Género	Micosis superficial					
	Si		No		Total	
	N	%	N	%	N	%
Masculino	52	55.3	42	44.7	94	100
Femenino	26	44.1	33	55.9	59	100
Total	85	55.5	68	44.4	153	100

p > 0.05

Tabla 2. Distribución porcentual de la micosis superficial con relación al nivel educativo.

Nivel de escolaridad	Micosis superficial					
	Si		No		Total	
	N	%	N	%	N	%
Sin escolaridad	16	63.2	14	46.7	30	100
Primaria	24	54.3	14	36.8	38	100
Secundaria	19	53.6	16	45.7	35	100
Superior no universitario	15	54.5	13	46.4	28	100
Superior universitario	11	56.2	11	45.5	22	100
Total	85	55.5	68	44.4	153	100

 $X^2 = 4,681$; Gl = 4; p = 0,322**Tabla 3.** Distribución porcentual de la micosis superficial con relación a la higiene.

Frecuencia de higiene	Micosis superficial					
	Si		No		Total	
	N	%	N	%	N	%
Diario	9	47.4	10	52.6	19	100,0
Inter diario	25	48.1	27	51.9	52	100,0
Una vez a la semana	51	62.2	31	37.8	82	100,0
Total	85	55.5	68	44.5	153	100,0

 $X^2 = 12,429$; Gl = 2; p = 0,002**Tabla 4.** Frecuencia de micosis superficial humana con relación al piso de la vivienda.

Piso	Micosis superficial					
	Si		No		Total	
	N	%	N	%	N	%
Tierra	64	55.7	51	44.3	115	100,0
Concreto	21	55.3	17	44.7	38	100,0
Total	85	55.5	68	45.5	153	100,0

 $X^2 = 10,791$; Gl = 1; p = 0,001**Tabla 5.** Frecuencia de micosis superficial humana con relación a la crianza de animales en la vivienda.

Crianza de animales	Micosis superficial					
	Si		No		Total	
	N	%	N	%	N	%
Si	66	35.9	37	64.1	103	100,0
No	19	38	31	62	50	100,0
Total	85	55.5	68	45.5	153	100,0

 $X^2 = 4,768$; Gl = 1; p = 0,029

Tabla 6. Frecuencia de micosis superficial humana con relación al grupo de edad.

Grupo de edad (años)	Micosis superficial					
	Si		No		Total	
	N	%	N	%	N	%
0 a 9	4	33.3	8	66.7	12	100,0
10 a 19	12	41.4	17	58.6	29	100,0
20 a 29	24	58.5	17	41.5	41	100,0
30 a 39	14	60.9	9	39.1	23	100,0
40 a 49	15	75	5	25	20	100,0
50 a 59	7	53,8	6	46.2	13	100,0
≥ a 60	9	60	6	40	15	100,0
Total	85	55.5	68	44,5	153	100,0

$$X^2 = 8,675; G1 = 6; p = 0,193$$

Tabla 7. Distribución porcentual de la localización de las micosis superficiales.

Localización de la micosis	Si	
	N	%
Uña de mano	8	3.0
Uña de pie	38	14.1
Planta	40	14.9
Interdigital pie	16	6.0
Tronco	25	9.3
Cabeza	13	4.8
Uña mano y uña pie	13	4.8
Uña pie y planta pie	76	28.3
Uña pie e interdigitales	25	9.3
Varios lugares	15	5.6
Total	269	100

Tabla 8. Especies de hongos dermatofitos identificados

<i>Trichophyton rubrum</i>
<i>Trichophyton mentagrophytes</i>
<i>Trichophyton spp.</i>
<i>Microsporum canis</i>
<i>Microsporum gypseum</i>
Total

En el caso específico de Ayacucho, según Li (2009), en las últimas décadas la población ha mostrado un lento crecimiento muy diferente al crecimiento del resto del país, en el periodo 1981 a 1983 hubo una fuerte disminución de la población debido al efecto de la migración y las defunciones ocasionados por los problemas sociopolíticos (Uribe, 2013) y la agudización de la crisis económica nacional que aumentó los niveles de pobreza y por ende de la desigualdad. La tendencia al envejecimiento de la población repercutieron en

las demandas sociales como la educación, empleo, salud y seguridad social; en el periodo antes mencionado poblaciones enteras han migrado hacia las capitales de provincias generando los asentamientos humanos en los que la población vivía bajo condiciones inhumanas, sin agua ni saneamiento, educación, servicios de salud, empleo, vivienda...condiciones que han creado el caldo de cultivo para muchas enfermedades, entre ellas las dermatofitosis.

Bayona (2011), ha estudiado la relación de la pobreza con la enfermedad en la Sierra de Chiapas cuyos habitantes presentan los índices más elevados de pobreza y marginación social. Cita a Lomnitz y González quienes plantean que la pobreza es una condición social construida desde la desigualdad que significa escasez económica y un limitado acceso a los recursos y privación en otros ámbitos sociales, los pobres tienen bajos ingresos económicos y viven en una exclusión social sin educación y atención sanitaria adecuada, imposibilitados de encontrar empleos bien remunerados, sin agua, luz, comunicaciones y transporte. Viven en un contexto de marginación y pobreza, no les queda sino, sobrevivir con base en trabajos esporádicos, con una economía informal que les obliga a planificar estrategias para seguir adelante.

Los resultados hallados en nuestro trabajo apuntan en esa dirección, habiéndose trabajado con 153 unidades de análisis con sospecha de micosis superficial, se ha determinado por cultivo micológico que 85 (55.5%) de ellos tenían dermatofitosis en alguna parte del cuerpo (ver fig. 1).

Al respecto, Bonifaz y col. citado por Padilla (2003), consideran a las micosis superficiales como un grupo de enfermedades producidas por hongos los que afectan la queratina de la piel y/o las mucosas; son las dermatosis más frecuentes, dentro de ellas están las dermatofitosis, candidosis, pitiriasis versicolor, tiña negra y las piedras. Las dermatofitosis motivo del trabajo, son afecciones a la piel y sus anexos ocasionados por hongos dermatofitos de los géneros *Microsporum*, *Epidermophyton* y *Trichophyton*.

Mejía y col. (2013), en Antioquia-Colombia, demostraron que la mayor frecuencia de tiñas por localización fue en las uñas (76,4%), planta (11,6%), cuerpo (9,2%) y en otras partes (2,8%). En menores de 10 años la parte más

comprometida fue el cuero cabelludo (70%-14/20), en la cara en todas las edades excepto en mayores de 50 años, el compromiso interdigital y plantar aumentaba su frecuencia a medida que incrementaba la edad con una frecuencia de 35,8% en personas de 36 a 50 años. De igual manera la onicomycosis tuvo la misma tendencia con una mayor frecuencia entre 51 a 70 años, 39,7% en uñas de manos y 34,5% en uñas de pies. Las mujeres fueron las más afectadas que, según los autores se debe a la mayor consulta de mujeres por cuestiones cosméticas y de belleza, los agentes aislados en orden de frecuencia fueron *Candida spp.*, *T. mentagrophytes*, *C. krusei*, *Fusarium spp.*, y *Rhodotorula spp.*

Arenas (2002), en México ha demostrado que las dermatofitosis son micosis muy frecuentes, con una frecuencia de 70 a 80% de todas las micosis, constituye un 5% de la consulta dermatológica.

Con relación a la dermatofitosis por género, la tabla 1 muestra que el 55.3% de las unidades de análisis del género masculino tienen dermatofitosis en alguna parte superficial del cuerpo, en tanto que, el 44.1% fueron del sexo femenino.

Los resultados expresados en la tabla 2, muestran que no existe asociación estadística ($p = 0,032$) entre la dermatofitosis y el nivel de escolaridad de las unidades de análisis. Es menester señalar que 24 (54.3%) personas con educación primaria representan a los que más afectados están, seguido de 19 (53,6%) personas con educación secundaria.

Méndez y col. (2006), en comunidades con alto grado de marginación de México, mostraron que la mayor frecuencia de consultas en dermatosis, cuyos motivos fueron las discromías, acné, tumores de piel y micosis, de estas últimas, las dermatofitosis fueron las más frecuentes, con una alta frecuencia de onicomycosis de pie y manos, seguida de las tiñas de los pies. Los agentes aislados en orden de frecuencia fueron *T. rubrum*, *T. mentagrophytes*, *T. verrucosum* y *E. floccosum*. Además, en uñas y pies lograron aislar hongos no patógenos pertenecientes a *Trichosporon spp.*, *Chrysosporium spp.*, *Cryptococcus spp.*, *Scopulariopsis sp.*, *Aspergillus sp.*, y *Penicillium sp.*, la diferencia de agentes refleja la diferencia de condiciones entre la zona urbana y la rural, la temperatura, humedad, trabajo u ocupación del poblador, contacto con el agente, resultados semejantes al nuestro en lo que respecta al tipo de dermatofitosis, los agentes y los factores asociados.

Méndez y col. (2003), en la sierra norte de Puebla realizaron 146 estudios micológicos y detectaron 86 (59%) casos de micosis, 43 onicomycosis de pies y manos, 25 tiñas de pie, 7 tiñas de cabeza, los dermatofitos aislados con más frecuencia fueron *T. rubrum* y *T. mentagrophytes*. Demostraron que en las poblaciones rurales se presenta una elevada frecuencia de micosis superficiales (61%).

Bustamante y Causso (2003), mostraron que las ropas son fuente de infección de los dermatofitos, aislaron *T. tonsurans* en 14 casos, *T. rubrum* en 12 y *M. canis* en 6.

Nardín y col. (2006), demostraron que en las dermatofitosis el agente etiológico que predominó fue *T. rubrum* y entre las

levaduras fue *C. albicans*. Destacaron el aislamiento de 14 hongos no dermatofitos (*Fusarium spp* y *Aspergillus spp*), considerados agentes patógenos prevalentes emergentes de micosis superficial.

Romero y Guevara (2010), en escolares de la institución educativa San Juan de la Frontera, del Asentamiento Humano San Juan de la Frontera (Ayacucho), hallaron 68% de dermatofitosis, 47% en los espacios interdigitales, 61,8% en niños que crían animales domésticos, 88,2% en aquellos cuyas casas tienen piso de tierra, no encontraron diferencia de la dermatofitosis por género, 48.5% de aislamientos correspondieron a *T. mentagrophytes*, y 26.5% a *T. rubrum*.

Se ha demostrado que existe asociación estadística entre la dermatofitosis y la frecuencia de la higiene $p = 0,002$ (tabla 3), aquellos que se practican la higiene una vez a la semana e inter diario resultaron estar más afectados por la dermatofitosis en 62.2% y 48.1% respectivamente. Asimismo, el piso de la vivienda está estadísticamente asociado a la dermatofitosis ($p=0,001$), 64/116 personas que viven en habitaciones de piso de tierra tienen dermatofitosis (tabla 4).

Martínez y col. (2013), en una revisión de las micosis en Venezuela entre los años de 1984 y 2010 han mostrado que se registraron 36 968 diagnósticos de micosis superficial, de ellos 60,5% correspondieron a dermatofitosis, el agente causal con más frecuencia fue *T. rubrum*, *T. mentagrophytes*, *E. floccosum*, *T. tonsurans*. Patrón de aislamientos coincidentes con nuestro trabajo.

Criar animales de corral es un factor de riesgo para la dermatofitosis ($p=0,029$); 66 personas con dermatofitosis manifestaron criar algún animal de corral, en comparación a 19/50 que no lo hacen (tabla 5), los resultados de la tabla 6, muestran que el grupo etario no es un factor de riesgo para la dermatofitosis ($p=0,193$).

Se ha encontrado que 76 (23,5%) personas tienen tiña en la uña del pie y la planta, seguida de 40 (14.9%) personas con tiña en la planta, 38 (14.2%) en la uña del pie, 25 (9.3%) en la uña del pie-espacios interdigitales y el tronco respectivamente. El resto de las localizaciones de las tiñas están presentes en frecuencias menores (tabla 7).

Padilla (2003), considera que la tiña de los pies es la dermatofitosis más frecuente y cosmopolita, afecta a los espacios interdigitales, planta y borde de los pies, los agentes causales en orden de importancia son *T. rubrum*, *T. mentagrophytes* y *E. floccosum* es más frecuente en los varones (6:4), predomina en los adultos y en los escolares también es considerable el contagio que se realiza casi siempre de manera indirecta desde los suelos contaminados, como el suelo de baños y albercas, toallas, calcetines, zapatos, zapatillas. Asimismo, considera que la tiña del cuerpo que afecta a la piel glabra, ocasionadas por especies de *Trichophyton* y *Microsporum*, los conidios de dichos hongos caen en la piel en la que encuentran las condiciones adecuadas, ocasionado pápulas rojizas y pruriginosas que en pocos días crece excéntricamente ocasionando una lesión circular, con escamas en cuyos bordes están muy activos los hongos. La tiña de la cabeza, tal como demostramos en nuestro trabajo coincide con lo dicho por Padilla, quien

manifiesta que esta es una lesión propia de los niños que desaparece a medida que crece, cuando llega a la pubertad los cambios hormonales, secreción sebácea y el pH hacen que desaparezca la lesión ya que actúan como fungistáticos; sin embargo, se ha visto que uno de los casos ha mostrado lento proceso de desaparición aún, cuando se usaba un fungicida.

Las especies de dermatofitos identificados fueron: *Trichophyton rubrum*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Trichophyton spp.*, *Microsporum canis* y *Microsporum gypseum*, indicados en orden de frecuencia (tabla 8).

Para Benedito y col. (2013), la *Tinea pedis* es la micosis superficial más frecuente en el mundo, afecta aproximadamente al 79% de la población. A mayor edad mayor la probabilidad de infección, es más probable y frecuente en los hombres y no hay preferencias por ningún grupo racial. Son factores asociados la oclusión por calcetines de nailon y calzado deportivo, hiperhidrosis, ambientes calurosos y húmedos, insuficiencia arteriovenosa periférica, enfermedades crónicas como la diabetes, consumo de antibióticos y corticoides tópicos o sistémicos, actividades deportivas que ocasionan oclusión o humedad prolongada, como el esquí y natación. Martínez y col. (2013), también han mostrado predilección de la dermatofitosis por el sexo masculino, tendencia de aumento de la dermatofitosis a medida que incrementa la edad, fue más frecuente la tiña del cuerpo y de los pies, seguido de la tiña de la cabeza y de uñas. Según Arenas (2002), diversos estudios realizados a través de los años en México han demostrado la mayor frecuencia de aislamientos de *T. rubrum* seguido de *T. mentagrophytes*, *M. canis*, y las formas más frecuentes de tiñas fueron la *tinea unguium* y la *tinea pedis*. En tanto que, en el área este de Valladolid, Bordel y col. (2002), de 40 pacientes con clínica y cultivo positivo para dermatofitosis, encontraron 40 casos de tiña corporis, 10 de tiña pedis, 9 de tiña unguium, 6 de tiña cruris y el resto de tiñas en números menores, los hallazgos de los agentes no fueron coincidentes con el nuestro y de otros autores, puesto que, ellos aislaron a *T. mentagrophytes* con mayor frecuencia, seguido de *T. rubrum*, *M. canis*, *T. tonsurans*. En zonas de pobreza abundan los grupos de riesgo para las dermatofitosis y, en especial para la onicomycosis, destacan las personas portadoras de micosis en los espacios interdigitales, traumatismos frecuentes, convivir con animales, tener una vivienda inadecuada, la ocupación, la mala alimentación que influencia en el sistema inmunológico (inmunodeprimidos), los dermatofitos son causantes del 80 a 90% de las onicomycosis cuyos agentes implicados con mayor frecuencia con *T. rubrum* seguido de *T. mentagrophytes* var. *Interdigitales*, *E. floccosum* (Ballesté y col. 2003).

Arenas (2014), considera como factores predisponentes de la dermatofitosis a la humedad, el calor, tratamientos con glucocorticoides, diabetes, insuficiencia arterial, psoriasis, traumatismo crónico de las uñas, tiña de los pies, uso de calzado cerrado o de material sintético, mala higiene y no secarse adecuadamente la piel luego de mojarse. Son cosmopolitas con predominancia en zonas tropicales que pueden afectar a sujetos de cualquier edad, raza o sexo; las tiñas de la cabeza están relacionadas a los fomites, a la crianza de perros o gatos; las tiñas antropofílicas están asociadas a las migraciones de personas desde las zonas endémicas, en México, las dermatofitosis es una de las 10

causas de consulta dermatológica. *T. rubrum* es uno de los agentes de la dermatofitosis que se reporta a nivel mundial, asociado por lo general a las tiñas de los pies y uña, le siguen *T. mentagrophytes* y *M. canis*. En Latinoamérica se observa el mismo patrón, se observa el aislamiento frecuente de *T. rubrum* (70%), *T. mentagrophytes* (10%), *T. tonsurans* (3%), *M. canis* (13%) y *E. floccosum* (1%) (Padilla, 2003).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arenas R. Dermatofitosis en México. Rev. Iberoam Micol 2002; 19: 63-67.
- Arenas R. Micología Médica Ilustrada. 5ta edición. Edit. Mc Graw Hill. China. 2014.
- Ballesté R., Mousqués N., Gezuele E. Onicomycosis. Revisión del tema. Rev. Med Uruguay 2003; 19: 93-106.
- Bayona E. Enfermedad y Pobreza en la sierra de Chiapas. Revista LiminaR. Estudios sociales y humanísticos, año 9, vol. IX, núm. 2, diciembre de 2011.
- Benedito T., Vallecillos Ma M., Torres B., Molina Ma N., Tiña pedis. Fml. Enero 2013; Volumen 17, número 8. 2 páginas.
- Bonifaz, Alexandro. Micología Médica Básica. 2012. Edit. Mc Graw Hill Interamericana editores, S.A. de C.V. China.
- Bonita R., Beaglehole R., Kjellstrom T. Organización Mundial de la Salud. Epidemiología Básica. 2ª edição. Santos editores. Brasil. 2010.
- Bordel Ma T., De Mariscal A., Torrero V., Miranda A., Vega J. Contribución al estudio epidemiológico de la dermatofitosis en el área este de Valladolid. Actas Dermosifiliogr 2002; 93(8):495-9.
- Bustamante B, C Causso. Probables fuentes de infección en dermatofitosis. Folia Dermatol. 2003; 14 (2): 11-17. En URL http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/fofia/vol14_n2/probables.htm
- Cabañez J. Identificación de hongos dermatofitos. ©2001 Revista Iberoamericana de Micología - ISBN: 84-607-3050-6. Disponible en <http://www.guia.reviberoammicol.com/Capitulo12.pdf>
- Fernández B. Sensibilidad antifúngica de los dermatofitos. Tesis doctoral. Unidad de Microbiología. Departamento de Ciencias Médicas Básicas. Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud. Universidad Rovira i Virgili, Reus, España 2005.
- Hernández R., Fernández C., Baptista M del P. Metodología de la Investigación. 6ta ed. Edit. Mc Graw Hill. México. 2014.
- Li D. Ayacucho: Análisis de situación en población. 2009. Fondo de Población de las Naciones Unidas – Perú. Consorcio de Investigación Económica y Social, CIES. 1era edición. Edit. Nova Print S.A.C. Lima-Perú.

Martínez D., Hernández R., Alvarado P., Mendoza M. Las micosis en Venezuela: casuística de los Grupos de Trabajo en Micología (1984-2010). *Rev. Iberoam Micol.* (2013); 30(1):39-46.

Mejía MA., Santa C., Cadavid M., Vélez LM., Colmenares LM., Restrepo BN., Cardona N. Estudio etiológico y epidemiológico de las micosis cutáneas en un laboratorio de referencia -Antioquia-Colombia. *Revista CES MEDICINA Volumen 27 No. 1 Enero - Junio /2013.*

Méndez L, A Anides, A Vázquez, M Galindo, M Díaz, A Berdón, P Manzano, B Millán, F Hernández, R López. Micosis observadas en cinco comunidades mexicanas con alto grado de marginación. *Gac Méd. Méx.* Vol. 142 N° 5, 2006. URL : <http://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2006/gm065d.pdf>

Méndez-Tovar Luis J., Anides-Fonseca Adriana, Vázquez-Hernández Aarón, Galindo-González Martha, Díaz-Madrid Mónica, Berdón-Castro Antonio et al. Micosis observadas en cinco comunidades mexicanas con alto grado de marginación. *Gac. Méd. Méx* [revista en la Internet]. 2006 Oct [citado 2017 Jul 23]; 142(5): 381-386. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-38132006000500004&lng=es.

Naciones Unidas. Objetivos de desarrollo del milenio. Informe 2015. Disponible en <http://asuncion.sites.unicnetwork.org/2015/05/04/2015-2025-el-mundo-se-prepara-para-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-ods/>

Nardín ME, DG Pelegri, VG Manias, E de los A. Méndez. Agentes etiológicos de micosis superficiales aislados en un Hospital de Santa fe, Argentina. *Rev. Argent. Microbiol.* V. 38 n1. Enero-marzo 2006. En URL: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-75412006000100006&script=sci_arttext&tlng=en

Padilla Ma del C. Micosis superficiales. *Rev. Fac. Méd. UNAM Vol.46 No.4 Julio-Agosto, 2003.*

Padilla Ma del C. Micosis superficiales. *Rev. Fac. Méd. UNAM Vol.46 No.4 Julio-Agosto, 2003.*

Restrepo G., González JC. Texto básico de Biometría. Fundación Universitaria Juan N. Corpas. Bogotá-Colombia. 2010.

Romero S, R Guevara. Dermatofitosis en estudiantes de la Institución Educativa San Juan de la Frontera, Ayacucho, Perú, 2010. www.reviberoammicol.com/1999-16/016022.pdf

Suardíaz J., Cruz C., Colina A. Laboratorio Clínico. Edit. Ciencias Médicas. La Habana. 2004.

Uribe JM. El concepto de salud y enfermedad: una reflexión filosófica. *Rev. CES Med.* 2013; 27(2):255-260.

Velazco V., Martínez V., Roiz J., Huasano F., Nieves A. Muestreo y tamaño de muestra. Primera edición virtual y en papel, e-libro net, Buenos Aires, enero de 2003.

ACTIVIDAD HEMOLÍTICA Y TOXICOLÓGICA DE LAS SAPONINAS DE *Colletia spinosissima* Gmelin "Tacsana". AYACUCHO, 2018

Raúl Mamani Aycachi

Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Biológicas
Programa de Investigación en Biodiversidad y Gestión Ambiental, Sub Programa de Gestión Ambiental
E_mail: profmamani@hotmail.com

RESUMEN

La presente investigación tuvo como **Objetivo**; determinar la actividad hemolítica y toxicológica de las saponinas de *Colletia spinosissima* Gmelin "tacsana" así como el tamizaje fitoquímico del extracto hidroalcohólico. Por información etnobotánica se conocía que desde tiempos remotos nuestros antepasados la utilizaban como insumos para la limpieza. **Materiales y métodos**; Como material biológico se utilizó la raíz de *Colletia spinosissima* Gmelin "tacsana" de lo cual extrajo las saponinas que luego sirvieron para determinar su actividad toxicológica, hemolítica y tamizaje fitoquímico del extracto hidroalcohólico. **Resultados**; Se comprobó la actividad toxicológica mediante la determinación de CL_{50} por actividad biocida de las saponinas a diferentes concentraciones, siendo la concentración letal media = 519,418543 ppm. El tamizaje fitoquímico del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Colletia spinosissima* Gmelin "tacsana", indica la abundante cantidad de saponinas, esteroides y en regular cantidad azúcares reductores, por otro lado, en referencia a la actividad hemolítica de las saponinas a concentraciones determinadas no presentaron hemólisis de los glóbulos rojos humanos. **Conclusiones**; Las saponinas de *Colletia spinosissima* Gmelin "tacsana", constituye una fuente de investigación a continuar por el enorme potencial con el que cuenta debido a su actividad biocida, y medicinal.

Palabras clave: Actividad toxicológica, hemolítica y tamizaje fitoquímico.

HEMOLYTIC AND TOXICOLOGICAL ACTIVITY OF THE SAPONINS OF *Colletia spinosissima* Gmelin "Tacsana". AYACUCHO, 2018

ABSTRACT

The present investigation had as **objective**; determine hemolytic and toxicological activity of the saponins of *Colletia spinosissima* Gmelin "tacsana" as well as the phytochemical screening of the hydroalcoholic extract. By ethnobotanical information it was known that since ancient times our ancestors used it as cleaning supplies. **Materials and methods**; The root of *Colletia spinosissima* Gmelin "tacsana" was used as biological material, from which it extracted the saponins that were then used to determine its toxicological, hemolytic and phytochemical screening activity of the hydroalcoholic extract. **Results**; the toxicological activity was checked by determining LC_{50} by biocidal activity of the saponins at different concentrations, the mean lethal concentration = 519.418543 ppm. The phytochemical screening of the hydroalcoholic extract of the root of *Colletia spinosissima* Gmelin "tacsana", indicates the abundant amount of saponins, steroids and in regular amount reducing sugars, on the other hand, in reference to the hemolytic activity of the saponins at certain concentrations they did not present hemolysis of human red blood cells. **Conclusions**; The saponins of *Colletia spinosissima* Gmelin "tacsana", constitutes a source of research to continue because of the enormous potential it has due to its biocidal activity, and medicinal.

Key words: Toxicological activity, hemolytic and phytochemical screening.

INTRODUCCIÓN

Las saponinas se clasificaron antiguamente como algunos de los glucósidos vegetales que forman una espuma jabonosa cuando se mezclan y se agitan con agua, por lo que se han utilizado de forma rutinaria como detergente, espumante y emulsificantes. Se ha demostrado por medio de estudios anteriores que estos surfactantes naturales contienen glucósidos de esteroides y triterpenos, que existen ampliamente en las plantas terrestres, alimentos importantes y especialmente en las plantas medicinales. Hasta ahora, miles de saponinas homogéneas han sido aisladas y caracterizadas. Estos glucósidos muestran una gran diversidad estructural y un amplio espectro de actividad biológica, siendo la hemólisis probablemente la actividad

común entre muchas saponinas estructuralmente diferentes. (Hasewaga & Miyamoto 1998).

La propiedad hemolítica de las saponinas ha sido el fundamento determinante en el desarrollo de diferentes potenciales terapéuticos, ya que amedrenta el uso de abundantes productos naturales; sin embargo, la relación de la lisis con otras actividades biológicas como la antitumoral, adyuvante y antiinflamatoria ha tenido buenos resultados sobre las membranas celulares. (Hernández & Hermosilla 2014).

Las saponinas se clasificaron antiguamente como algunos de los glucósidos vegetales que forman una espuma jabonosa cuando se mezclan y se agitan con agua, por lo que se han

utilizado de forma rutinaria como detergente, espumante y emulsificantes. Se ha demostrado por medio de estudios anteriores que estos surfactantes naturales contienen glucósidos de esteroides y triterpenos, que existen ampliamente en las plantas terrestres, alimentos importantes y especialmente en las plantas medicinales. Hasta ahora, miles de saponinas homogéneas han sido aisladas y caracterizadas. (Hernández & Hermosilla 2014) En este trabajo de investigación, los objetivos fueron los siguientes:

Objetivo General

Determinar la actividad hemolítica y toxicológica de las saponinas de *Colletia spinosissima* Gmelin “tacsana”.

Objetivos específicos

- Evaluar la actividad toxicológica de las saponinas de *Colletia spinosissima* Gmelin “tacsana” mediante la concentración letal media sobre *Daphnia sp* “pulgas de agua”.
- Especificar las características fitoquímicas de extracto hidroalcohólico de raíces de *Colletia spinosissima* Gmelin “tacsana”.
- Estimar la actividad hemolítica de las saponinas de *Colletia spinosissima* Gmelin “tacsana” sobre glóbulos rojos (GR) humanos O+.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Ubicación de la zona de estudio

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los laboratorios de Bioquímica del Área de Ciencias Básicas de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, durante los meses de enero a diciembre del 2018.

2. Población y muestra

2.1. Población

Los materiales biológicos fueron colectados en las zonas aledañas a la ciudad de Ayacucho, del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región de Ayacucho a 2760 m.s.n.m.

2.2. Muestra

Las muestras recolectadas en aproximadamente 10 kg de plantas frescas, en buen estado, transportadas en bolsas de papel para evitar su descomposición.

3. Métodos

a. Preparación de material biológico

El material biológico es lavado cuidadosamente con agua corriente en el laboratorio, luego retiradas las hojas sanas y completas, pesado en fresco y secadas a la sombra, proceso de 30 días.

Obtención del extracto hidroalcohólico de las hojas para tamizaje fitoquímico.

Se pesó 100 gr de hojas secas de cada muestra, luego se trituraron con un mortero, pesadas 10 gr y depositadas en frascos ámbar, luego se agregó 50 ml de alcohol al 80%, durante una semana con agitación diaria por 20 minutos.

Luego se filtra y se obtiene el extracto hidroalcohólico, de los cuales se elimina los residuos de alcohol por

evaporación utilizando baño maría con agitación a 60 °C. Las muestras son colectadas y preservadas en recipientes de color ámbar, hasta su utilización a T° de 4°C.

b. Extracción Soxhlet

Consiste en un método de extracción sólido- líquido, que se utiliza generalmente para aislar los componentes lipídicos de una muestra por medio de un solvente. Se pesan 10 gr. de la muestra de hojas, se coloca en equipo soxhlet utilizando como solvente etanol de 96°, y se somete al calor mediante una coccinilla y con reflujo de agua, se obtiene el extracto que constituye la muestra para tamizaje fitoquímico.

c. Ensayo de espuma

Al agitar una solución acuosa de una muestra que sea o contenga saponinas, en una probeta por 15 segundos, se forma una espuma estable como la obtenida al agitar una solución acuosa de un jabón. Esta es una prueba presuntiva de saponinas, ya que existen otras sustancias que también pueden formar espuma. (Hernández & Lugo 2005).

d. Ensayo de hemólisis

Para la determinación de saponinas en plantas de uso medicinal una de las pruebas que se realizan es la de hemólisis, ésta puede llevarse a cabo de dos maneras: mediante ensayos en tubo en los cuales se utilizan eritrocitos humanos lavados y mantenidos en suspensión con amortiguador glicina-NaCl (glicina 0.1M en cloruro de sodio al 0.6%) a pH 5.8. La actividad hemolítica de los extractos puede ser evaluada en tubo y en placa por métodos directos e indirectos. (Martínez & et al 2008).

4. Evaluación de la toxicidad

La toxicidad de los agentes tóxicos en un organismo acuático, se expresa usualmente en términos de dosis letal media (CL₅₀); este valor representa la cantidad de toxico por unidad de peso que mata 50% de los animales empleados en la prueba. La dosis letal media se expresa en mg Kg-1 y ocasionalmente en mg por animal. (Castro & et al 1998).

5. Caracterización Fitoquímica

La metodología utilizada para la marcha fitoquímica fue la propuesta por la Dra. Migdalia Miranda Martínez- Cuba. El método que se utilizó para el tamizaje de las muestras fue el descrito por la Dra. Migdalia Miranda Martínez en el Manual de Laboratorio de Farmacognosia y Productos Naturales de la Universidad de la Habana Cuba (Miranda & Cuellar 2000).

Se realizaron ensayos en los que se evaluó la formación de precipitado y complejos coloreados, para evaluar la presencia de saponinas, fenoles, taninos, aminoácidos, aminas, coumarinas, quinonas, alcaloides, triterpenos, esteroides y flavonoides.

6. Análisis estadístico - probits

Describe un programa en lenguaje BASIC, para plataforma MSDOS, diseñado para calcular la Concentración Letal Media (CL₅₀) de agentes tóxicos utilizando el método de transformación en probits. Para la utilización del programa, el operador provee las dosis del agente tóxico empleado en el ensayo de toxicidad aguda

letal, el número de animales utilizados en cada dosis, y el número de animales que murieron con dicha dosis; la CL_{50} , así como los límites fiduciales al 95% de confianza. Asimismo, se presentan los valores definitivos y provisionales de la recta. El programa ofrece además la

posibilidad de efectuar reanálisis de los datos en los casos en que se desee buscar mayor aproximación de los valores; gráfica, archivo de resultados en disco, y la opción de comparación de dos curvas, para la estimación de potencias relativas. (Martínez & et al 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Mortalidad de *Daphnia* sp. “pulgas de agua” por aplicación de diferentes concentraciones de saponinas de *Colletia spinosissima* Gmelin “tacsana”.

Concentración (ppm)	Número de individuos muertos			Promedio
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
100	0	1	1	1
300	2	4	3	3
500	4	5	4	4
800	6	6	5	6
1000	6	7	7	7
1200	10	9	8	9

Análisis e interpretación: A medida que se incrementa la concentración de saponina se va incrementado el número de individuos muertos.

Tabla 2. Límite superior, límite inferior y concentración letal de mortalidad de *Daphnia* sp “pulgas de agua” a diferentes porcentajes de saponinas de *Colletia spinosissima* Gmelin “tacsana”.

Porcentaje %	Límite Inferior	Límite Superior	CLn (ppm)
10	3,12023	5,45324	128,613271
20	4,10056	5,80451	207,680325
30	4,7828	6,08244	293,395052
40	5,32783	6,35783	394,161215
50	5,77489	6,67762	519,418543
60	6,13571	7,08363	684,487238
70	6,43828	7,60149	919,573522
80	6,73118	8,26876	1299,1039
90	7,09086	9,24068	2097,7487
99	7,87838	11,6156	6546,19995

Análisis e interpretación: Valores porcentuales de concentración de saponinas de *Colletia spinosissima* Gmelin “tacsana” con su respectiva concentración letal y límites superiores e inferiores.

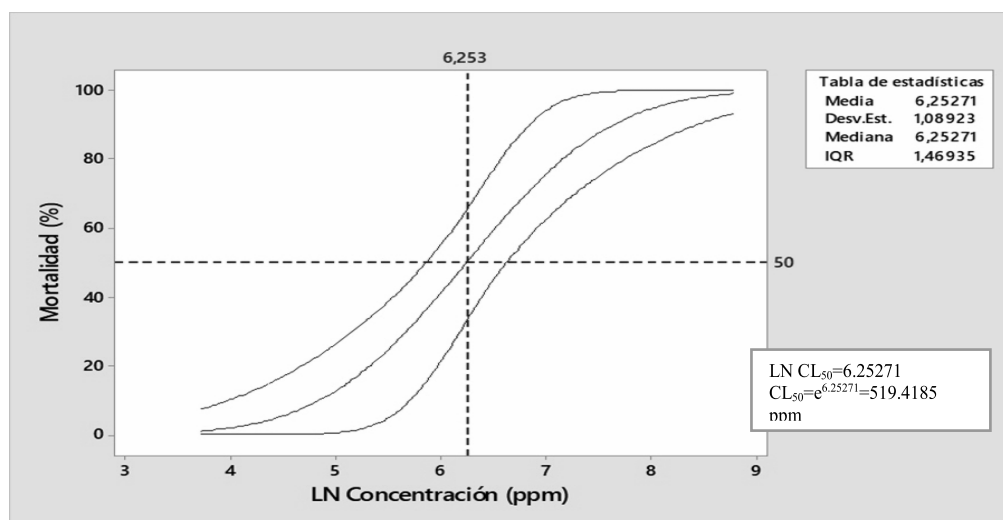


Figura 1. Análisis Probits de mortalidad de *Daphnia* sp “pulgas de agua” por aplicación de diferentes concentraciones de saponina de *Colletia spinosissima* Gmelin “tacsana”.

Análisis e interpretación

De la figura podemos manifestar que la CL_{50} es 519.4185 ppm, siendo este un valor cercano a la media que reporta 6.25271. Pino (2015) reporta concentración letal sobre larvas en estadio III de *Culex quinquefasciatus* "zancudo". La CL_{50} = 14,97 g/L



Figura 2. Muestra de extracto hidroalcohólico de *Colletia spinosissima* Gmelin "tacsana". Sometida a Rota evaporador para eliminar residuos de alcohol.

Tabla 3. Tamizaje fitoquímico de principios bioactivos de extracto hidroalcohólico de *Colletia spinosissima* Gmelin "tacsana". Ayacucho, 2018.

Metabolito	Prueba fitoquímica	Extracto etanólico
Saponinas	Espuma	++++
Esteroides	Liberman- Burchard	++++
Taninos	Gelatina	+
Flavonoides	Shinoda	+
Glicósidos	Molish	+++
Quinonas	Bortranger	---

Leyenda:

(--) Ausencia

(+) Poca cantidad

(++) Regular cantidad

(++++ Abundante cantidad

Análisis e interpretación

Luego de realizar el tamizaje fotoquímico del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Colletia spinosissima* Gmelin "tacsana", podemos resaltar la presencia en abundante cantidad de saponinas, esteroides y en regular cantidad glicósidos.

En un trabajo de investigación de *Chenopodium quinoa* Willd "quinua", del extracto acuoso de las semillas, presenta metabolitos secundarios como alcaloides, saponinas, flavonoides y glicósidos. (Lozano & et al 2012).

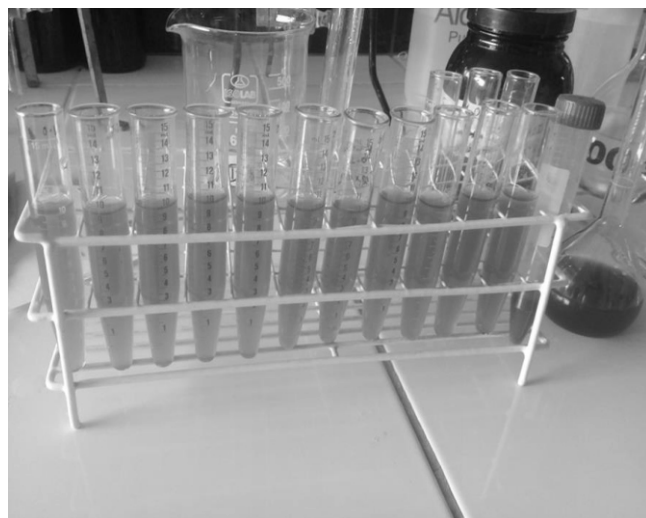


Figura 3. Índice de hemólisis de la saponina de *Colletia spinosissima* Gmelin "tacsana". Ayacucho, 2018. (Según Bruneton 2001).

Análisis e interpretación

En la prueba cualitativa de hemólisis ninguno de las muestras estudiadas presentó hemólisis, probablemente debido a que se utilizó una concentración baja de saponina, los cuales fueron comparados con un estándar de saponinas, el cual no mostró un halo de hemólisis. Guzmán & et al (2015) manifiesta que los resultados de los ensayos de hemotoxicidad, presenta un valor de HC_{50} de 0.58 mg/ml, y la hemólisis de glóbulos rojos pudo observar que a una concentración de saponina 0.320 mg/ml un 32.215 % de glóbulos rojos son lisados, valor que muestra un grado de toxicidad no muy elevado.



Figura 4. Índice de espuma de la saponina de *Colletia spinosissima* Gmelin "tacsana". Ayacucho, 2018.

Análisis e interpretación

En la prueba cualitativa de espuma se puede notar en la figura la presencia de esta espuma con altura mayor de 2mm y una persistencia de más, con lo cual se considera la prueba positiva. Finalmente la concentración letal media (CL_{50}) para las saponinas de *Colletia spinosissima* Gmelin "tacsana" sobre *Daphnia sp* es 519.4185 ppm. El tamizaje fitoquímico del extracto hidroalcohólico de la raíz de *Colletia spinosissima* Gmelin "tacsana", indica abundante cantidad

de saponinas, esteroides y glicósidos en regular cantidad. Las saponinas de *Colletia spinosissima* Gmelin "tacsana" no presento actividad hemolítica sobre glóbulos rojos (GR) humanos O+. Guzmán y et al (2015) manifiesta que la ecotoxicidad sobre *Daphnia magna* muestran que a una concentración de 25% p/v, los extractos de saponinas no son significativamente tóxicos para el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castro de la Mata Ramiro, Zavaleta Martínez-Vargas Alfonso. (1998). Programa en "BASIC" para el cálculo de DL50 por el método de Probits. Rev. Perú. Med. Exp. Salud Pública [Internet]. 1998 ene [citado 2019 Mar 23]; 15(1-2): 45-54. Disponible en:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46341998000100009&lng=es

Guzmán, B. y Tenorio, R. y Cruz, D. y Espinal, C. y Alvarado, J. y Mollinedo, P. (2015). Saponins from *Chenopodium quinoa* Willd and *Chenopodium Pallidicaule* Aellen As Biocontrollers of Phytopathogen Fungi and Hemolysis Agents. Revista Boliviana de Química, [en línea] 32(1), pp. 8 - 14. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426339683002>

Hasewaga, A. y Miyamoto, M. (1998). Patente número 10-324893 Detergente lavaloz. Agencia de patente de Japón (JP).

Hernández, A. C. y Hermosilla, V. J., (2014). Efecto de la concentración de saponinas en la actividad hemolítica de extractos de ocho plantas de uso medicinal en Guatemala. Tesis de Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Disponible en URL:

<https://core.ac.uk/download/pdf/35292891.pdf>.

Hernández S., R., & Lugo C., E., & Díaz J., L., & Villanueva, S. (2005). Extracción y cuantificación indirecta de las saponinas de agave lechuguilla Torrey. e-Gnosis, (3), 0.

Lozano, M. y Ticona, E. y Carrasco, C. y Flores, Y. y Almanza, G. (2012). Cuantificación de saponinas en residuos de quinua real *Chenopodium quinoa* Willd. Revista Boliviana de Química, [en línea] 29(2), pp.128-135. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426339678002>

Martínez, F. y et al, (2008). Ensayo de toxicidad aguda con cladóceros de la familia Daphnidae disponible en URL: http://www.sepi.enb.ipn.mx/OfertaEducativa/Maestria_CQB/Documents.

Miranda, M. y Cuellar, A. 2000 Manual de prácticas de laboratorio; Farmacognosia y Productos Naturales. Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de la Habana, Cuba.

Martínez, S. y et al 2010 Nuevo micro-bioensayo de ecotoxicidad de extractos acuosos de plantas medicinales sobre *Daphnia magna* sp. Instituto de Investigaciones en Productos Naturales. Carrera de Ciencias Químicas. Carrera de Ciencias Biológicas Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia Revista Boliviana de Química Volumen 27, No.1 – 2010.

Pino, L. 2015 Actividad larvicida del extracto acuoso de semillas de *Chenopodium quinoa* Willd. "quinua" sobre larvas en estadio III de *Culex quinquefasciatus* "zancudo". Ayacucho, 2013. Tesis UNSCH.

DIVERSIDAD GENÉTICA DE LA COLECCIÓN DE *Opuntia ficus indica* “tuna” DEL INIA

Paula García-Godos Alcázar

Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Biológicas
Programa de Investigación en Biodiversidad y Gestión Ambiental-Sub Programa de Biodiversidad
E-mail: paulagga30@hotmail.com

RESUMEN

La tuna, es un cultivo originario de los Andes que fue domesticada y en la actualidad existe una gran variabilidad genética, producto de la intervención del hombre y del medio ambiente. Las colecciones de recursos fitogenéticos han sido desarrolladas para ser utilizadas en el mejoramiento genético, y no simplemente para ser conservadas en los bancos de germoplasma, para la caracterización pueden utilizarse características morfológicas, fenológicas y de adaptación, además de los marcadores moleculares o bioquímicos. El estudio tuvo como objetivo determinar la variabilidad genética de *Opuntia ficus indica* “tuna”, de 40 colecciones del banco de germoplasma del Instituto Nacional de Innovación Agraria de Ayacucho, estas fueron caracterizadas a nivel molecular desarrollándose el análisis de la variabilidad genética utilizando marcadores moleculares AFLP. La calidad del ADN extraído mediante el protocolo Doyle & Doyle modificado, fue óptima para todas las muestras, obteniéndose concentraciones en un rango de 100 – 400 ng/μl. Un total de 5 combinaciones de primers generaron 233 bandas de ADN, siendo 208 *loci* polimórficos. Se encontró que la variación genética promedio fue de 0,276, con un índice de información de Shannon de 0,426. De acuerdo al dendrograma del agrupamiento de accesiones, se puede observar un árbol con grados de diferenciación entre las muestras analizadas utilizando el coeficiente Simple Matching. La correlación cofenética fue de 0.99354 (sig., p= 1.000) Indicando una muy buena representación del dendrograma con respecto a la matriz de distancia. Y a una distancia ultramétrica de 0.752 se distingue cuatro grupos. El grupo I incluye 23 accesiones de tuna y en el grupo II comprende 9 accesiones, así como los grupos III y IV con cuatro accesiones cada uno. Por lo que en el análisis no se observaron accesiones duplicadas o repetidas, todas las accesiones muestran ser diferentes. La investigación permite conocer las relaciones entre las accesiones y el grado de influencia del ambiente en la estructura genética, lo que aporta criterios para la elección de germoplasma en futuros programas de mejoramiento.

Palabras clave: Variabilidad genética, marcador molecular, AFLP, Accesiones, tuna.

GENETIC DIVERSITY OF *Opuntia ficus indica* “tuna” COLLECTION OF INIA

ABSTRACT

The prickly pear, is a native culture of the Andes that was domesticated and nowadays there is a great genetic variability, product of the intervention of man and the environment. The collections of plant genetic resources have been developed to be used in genetic improvement, and not simply to be conserved in the germplasm banks, for the characterization morphological, phenological and adaptation characteristics can be used, in addition to the molecular or biochemical markers. The objective of the study was to determine the genetic variability of *Opuntia ficus indica* "tuna", from 40 collections of the tuna germplasm bank of the National Institute of Agrarian Innovation of Ayacucho. These were characterized at the molecular level, developing the analysis of genetic variability using markers molecular AFLP. The quality of DNA extracted by the modified Doyle & Doyle protocol was optimal for all samples, obtaining concentrations in a range of 100-400 ng / μl. A total of 5 combinations of primers generated 233 DNA bands, with 208 polymorphic loci. The average genetic variation between the accessions and the degree of influence of the environment on the genetic structure, which provides criteria for the choice of germplasm in future breeding programs.

Key words: Genetic variability, molecular marker, AFLP, Accessions, tuna.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, surge cada vez con más fuerza la demanda de productos naturales, uno de ellos es *Opuntia ficus indica* “tuna” que se ha convertido en cultivo alternativo para producir fruta y forraje en zonas semiáridas. En años recientes, el consumo de tuna, se ha incrementado paulatinamente, al igual que la posibilidad de ampliar sus exportaciones como fruta exótica, lo cual ha incentivado su desarrollo como cultivo comercial. En este contexto la tuna es valorada por sus potencialidades nutraceuticas y se hace necesaria conocer la diversidad existente en nuestro país. El

conocimiento de las descripciones detalladas es necesaria en la utilización del germoplasma, debido a que en dicho germoplasma puede haber genes valiosos para utilizarse en los programas de mejoramiento. La colección extensiva y el mantenimiento de germoplasma son costosos, siendo uno de los problemas más importantes de las colecciones *in vivo*, agravándose cuando se trata de especies perennes. (Kresovich *et al.*, 1993).

La identificación del germoplasma y el análisis de los esfuerzos futuros de colección son facilitados si se entiende la naturaleza de la variabilidad. Por lo que en la investigación

se caracterizó molecularmente mediante AFLP las diferentes colectas de “tuna” del banco de germoplasma del INIA-Ayacucho.

La investigación se planteó los siguientes objetivos: General: Caracterizar la diversidad genética de las poblaciones de tuna del departamento de Ayacucho y los específicos: a) Determinar la variabilidad genética de las poblaciones de tuna mediante marcadores AFLP y b) Determinar la distancia genética entre diferentes accesiones y poblaciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Recolección de la muestra

Las muestras fueron recolectadas del Banco de germoplasma de tuna del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - Ayacucho, en un número de 40, las cuales fueron transportadas al laboratorio de Biotecnología de la UNSCH, para la caracterización molecular.

2. Caracterización molecular

Se empleó los marcadores AFLP. La extracción del ADN se realizó por el protocolo de Doyle & Doyle (1987) adaptado por el Laboratorio de Biología Molecular de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

2.1. Extracción del ADN:

Para la extracción del ADN se utilizó el protocolo de extracción que contiene CTAB. (Bromuro de Hexadeciltrimetilamonio) de Doyle & Doyle (1987), adaptado por el Laboratorio de Biología Molecular de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina.)

- a. Se procedió a obtener aproximadamente entre 3 a 4 g de tejido foliar en buen estado y se trituró utilizando 700 µl de buffer CTAB 2X- 2ul mercaptoetanol. Luego, el material triturado se transfirió a un tubo eppendorf. Se homogenizó las muestras por inversión y se colocó a 60 - 65°C en Baño María por 45 minutos, mezclando ocasionalmente cada 15 minutos.
- b. Seguidamente a cada tubo se le agregó 700 µl de cloroformo: alcohol isoamílico (24:1) se mezcló por inversión y luego se centrifugó por 10 minutos a 14000 rpm.
- c. El sobrenadante fue removido a un tubo eppendorf estéril. Luego se añadió 50 µl de CTAB 10 % - NaCl 7M, y se mezcló suavemente y se incubó a 37°C por 15 minutos. Al mismo tubo Eppendorf se añadió 700 µl cloroformo - alcohol isoamílico (24:1) y se mezcló hasta lograr una disolución total, para centrifugarlo por 10 minutos a 14000 rpm.
- d. Se transfirió el sobrenadante a nuevos tubos y se agregó 200 µl NaCl 5 N, el tubo fue agitado suavemente, y se le añadió 500 µl cloroformo-alcohol isoamílico (24:1) luego se mezcló y centrifugó por 10 minutos a 14000 rpm.
- e. El sobrenadante se transfirió a un nuevo tubo al cual se

le agregó 500 µl de isopropanol frío. Mezclándolo suavemente hasta que se observó la formación de la medusa de ADN. Se centrifugó por 10 minutos a 10000 rpm apreciándose la formación del pellet de ADN.

- f. El sobrenadante se descartó y el pellet de ADN obtenido se lavó dos veces con 700 µl de etanol al 70% y centrifugó por 10 minutos a 10000 rpm. Y una tercera vez con etanol al 90% y centrifugado por 10 minutos a 10000 rpm. Finalmente se descartó el etanol y se invirtió los tubos abiertos para secar el pellet de ADN a temperatura ambiente durante toda la noche.
- g. Para diluir el ADN se resuspendió el pellet en 60- 80 µl de buffer T₁₀E₁ (Tris-HCl 10 mM/EDTA 1mM), se trató con y 2 µl de RNAsa y se incubó a 37 °C durante 3 horas. Las muestras se almacenaron a -20°C.

2.2. Calidad y Cuantificación de ADN

La calidad y cuantificación del ADN genómico se determinó en geles de agarosa al 1%. Para ello, se tomó 1 µl del stock de ADN extraído y 9 µl de tampón de corrida 1X, y la mezcla se colocó en gel que previamente se había tratado con bromuro de etidio. También se cargó 6 µl del marcador de peso molecular λ ADN digerido con *Pst* I (representando la primera banda 280 ng/µl que representa 14000 pb). Se realizó la corrida electroforética con el equipo horizontal Electronyx Maxi Model EH20, Nyxtechnik a una carga de 90 voltios durante 60 minutos, usando como tampón de corrida TBE 1X. La cuantificación se realizó comparando la intensidad de fluorescencia del ADN de cada muestra con la intensidad fluorescente del marcador λ ADN, lo cual permitió estimar la concentración de ADN de las muestras.

2.3. Análisis de AFLP

El análisis de AFLP, se realizó según el procedimiento descrito por Vos *et al.* en el manual del Kit AFLP de Invitrogen, adaptado por el CIP con algunas modificaciones.

a) Digestión del ADN Genómico

El ADN extraído de las muestras de colectas de tuna se llevó a una concentración final de 50, 100, 200, 300 y 400 ng/ul para la estandarización de la técnica, las cuales se digirió con dos enzimas de restricción, una de corte raro *EcoR* I y otra de corte frecuente *Mse* I. Se preparó una mezcla de reacción conteniendo H₂O libre de nucleasas (9.5 µl), *Mse* I NEB 5U (0.5µl), *EcoR* I NEB 10 U (1 µl), buffer 10X (2.0 µl), BSA 1mg/ml (2.0) y ADN (5 µl) obteniéndose un volumen de 20 µl, luego esta mezcla de reacción de digestión fue incubada a 37°C hasta el día siguiente. Finalizado el proceso de digestión del ADN de las muestras de tuna, se conservaron a -20 °C.

Se verificó la digestión del ADN genómico, realizando electroforesis de 5 µl de muestra de ADN digerido en geles de agarosa 1 %, en el cual se visualizó un barrido de ADN muy tenue en el transiluminador UV.

b) Ligación de adaptadores

a. Preparación de adaptador *EcoR* I:

Se mezcló 10 µl de la cadena *EcoR* I adapter1 y 10 µl de la

cadena de *EcoR* I adapter2, y se adicionó agua milli Q hasta un volumen final de 100 µl. Los adaptadores *EcoR* I se prepararon bajo condiciones de PCR. La concentración del adaptador *EcoR* I será de 10 µM. A continuación se muestra la secuencia de las cadenas *EcoR* I adapter1 y *EcoR* I adapter2:

EcoR I adapter1 5'-CTCGTAGACTGCGTACC-3'
EcoR I adapter2 5'-AATTGGTACGCAGTC-3'

b. Preparación de adaptador *Mse* I:

Se mezcló 33.3 µl de la cadena *Mse* I adapter1 y 33.3 µl de la cadena de *Mse* I adapter2, y se adicionó agua hasta un volumen final de 100 µl. Los adaptadores *Mse* I se prepararon bajo condiciones de PCR. La concentración del adaptador *Mse* I fue de 100 µM.

A continuación se muestra la secuencia de las cadenas *Mse* I adapter1 y *Mse* I adapter2:

Mse I adapter1 5'-GACGATGAGTCCTGAG-3'

Mse I adapter2 5'-TACTCAGGACTCATC-3'

Las condiciones de la PCR para la preparación de adaptadores fueron, 95 °C x 2 min, 65 °C x 10min, 37 °C x 10min, 25 °C x 10 min, 4 °C x 25 min. Luego de la preparación de los adaptadores se conservaron a -20 °C.

c) Ligación

Para realizar la ligación de adaptadores complementarios a los cortes de cada una de las enzimas de restricción, se prepararon mezclas de reacción de ligación con los siguientes componentes: ADN genómico digerido (21 µl), H₂O libre de nucleasas (0.2 µl), adaptador *EcoR* I 10 µM (1 µl), adaptador *Mse* I 100 µM (1 µl), Buffer de ligasa NEB (2.5 µl) y T4 ADN ligasa (0.3 µl). Una vez obtenido la mezcla de ligación se agregó a 21 µl de ADN genómico digerido. Luego esta mezcla de reacción de digestión/ligación (DL) se mezcló, centrifugó y se incubó a 16 °C por toda la noche. Finalizada la incubación, se realizó una dilución de 1:3 de la mezcla digestión/ligación (DL) con solución tampón TE (10Mm, Tris-HCL (pH 8.0), 0.1 mM EDTA).

d) Preamplificación (00/00)

Para la preamplificación (00/00) se utilizó strips para PCR y se les adicionó los siguientes componentes: 14.05 µl de H₂O libre de nucleasas, 2.5 µl de Buffer 10X PCR, 1.25 µl de mezcla de dNTPs 5 mM, 1 µl de iniciador *EcoR* I +1 (50 ng/µl), 1 µl de iniciador *Mse* I +1 (50 ng/µl), 0.2 µl de Taq polimerasa y 5 µl la dilución 1:3 de ADN digerido/ligado. Todas las reacciones de amplificación se realizaron en un termociclador Applied Biosystems Veriti™ Thermal Cycler. Finalizada la preamplificación, se realizó diluciones del PCR 0/0 con H₂O libre de nucleasas.

e) Amplificación Selectiva

Para la amplificación selectiva (+3/+3) se adicionó los siguientes componentes a la mezcla de reacción: 0.9 µl de H₂O libre de nucleasas, 1.1 µl de Buffer 10X PCR, 0.6 µl de mezcla de dNTPs 5 mM, 2 µl de iniciador *EcoR* I +3 (50 ng/µl), 0.3 µl de iniciador *Mse* I +3 (50 ng/µl), 0.1 µl de Taq polimerasa y 5 µl de ADN preamplificado (se realizó diferentes diluciones 1:4, 1:6, 1:10, 1:20 para verificar cual es la adecuada). La mezcla obtenida se agitó suavemente, centrifugó y se amplificó en el

termociclador.

Para este estudio se realizó un tamizado de 12 combinaciones de iniciadores AFLP de las colectas de tuna escogidos al azar, y se eligió las mejores combinaciones por presentar buena resolución de bandas, buen nivel de polimorfismo y buena reproducibilidad.

f) Separación de los productos de AFLP en geles de poliacrilamida al 6 %

Los productos de la amplificación selectiva se separó con un equipo de electroforesis vertical Cleaver Scientific, model CSQ20 en geles denaturantes de poliacrilamida al 6 %.

Se mezcló el producto de la amplificación selectiva con 5 µl de amortiguador de carga.

g) Tinción y revelado de los geles de poliacrilamida

Se realizó el revelado de la corrida electroforética utilizando el método de tinción en nitrato de plata y el revelado con carbonato de sodio.

Como referencia se utilizó un marcador de 100 bp Plus DNA Ladder (*genbiotech*).

h) Lectura de geles

La lectura de las bandas de los geles se realizó registrando la presencia o ausencia de bandas para cada accesoión, lo cual se expresó en una matriz binaria como “1” para indicar presencia y “0” para indicar ausencia de una banda específica. Los fragmentos del mismo peso molecular se consideraron el mismo locus. Una vez hecha la lectura de las bandas, cada gel se registró digitalmente para almacenar su perfil de bandas de ADN.

2.4. Análisis Estadístico

Para este análisis, previamente se eligió como OTUs (Unidades Taxonómicas Operativas) a las muestras correspondientes a las colectas de tuna, y como caracteres, al dato doble-estado (presencia o ausencia del marcador molecular AFLP).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Extracción de ADN: Calidad y Concentración

En la extracción de ADN de tuna, las concentraciones obtenidas se encontraron en un rango de 100 – 400 ng/µl (Figura 1). La calidad del ADN extraído fue óptima para todas las muestras, obteniéndose un ADN genómico no degradado ya que se observaron bandas de buena resolución sin la presencia de un barrido que indica degradación mecánica o química del ADN. El uso de la RNasa fue adecuado ya que permitió la degradación del RNA eliminando así cualquier interferencia en el procedimiento. La técnica utilizada en la cuantificación de ADN fue el análisis comparativo de muestras coloreadas con bromuro de etidio en geles de agarosa. La estimación se realizó con facilidad, ya que la fluorescencia emitida es proporcional al total de la masa de ADN o RNA.

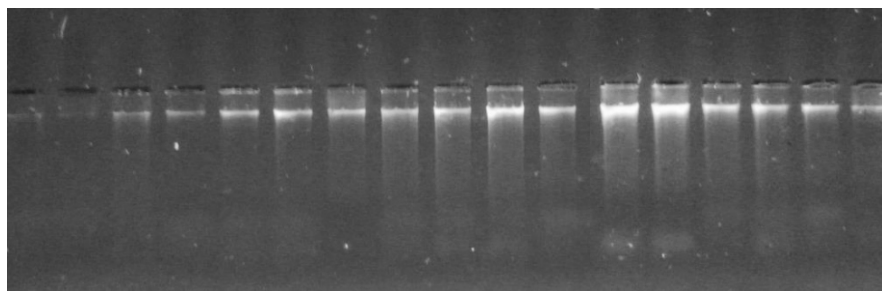


Figura 1. Análisis electroforético de la calidad y cantidad de ADN extraído de colectas de tuna.

2. Selección de combinaciones de iniciadores AFLP

Se utilizaron 12 combinaciones de iniciadores AFLP (E32M61, E38M60, E38M47, E45M61, E38M32, E38M61, E45M32, E32M60, E33M48, E33M61) de los cuales fueron seleccionados 5 combinaciones en base al

polimorfismo y buena resolución de bandas. Estas fueron E38M60, E45M61, E33M48, E38M61, E32M61. Se muestran bandas polimórficas y monomórficas producidas con los marcadores AFLP.

Tabla 1. Bandas monomórficas y polimórficas obtenidos con cinco combinaciones de iniciadores en el análisis de AFLPs de tuna.

Iniciadores	Total de bandas	Bandas monomórficas	Bandas polimórficas
E33M60	79	6	73
E45M61	10	3	7
E33M61	59	4	55
E33M48	41	7	34
E38M61	34	5	29
Total	233	25	208
Promedio	46,6	5,00	41,60
%	100	10,73	89,27

En la Tabla 1 se observa que las cinco combinaciones de iniciadores AFLP generaron un total de 233 bandas de ADN. La combinación de iniciador E33M60 generó mayor

cantidad de bandas (79 bandas), y la combinación E45M61 generó menor número de bandas (10 bandas), con un promedio de 46,6 bandas en total.

Tabla 2. Bandas polimórficas obtenidos con cinco combinaciones de iniciadores en el análisis de AFLPs de tuna.

Combinación de iniciadores	Bandas polimórficas	Porcentaje de bandas polimórficas (%)
E33M60	73	35,10
E45M61	7	3,37
E33M61	55	26,44
E33M48	34	16,35
E38M61	39	18,75
Total	208	100,00

Además se observa en la Tabla 2, que la combinación de iniciadores que detectó un mayor porcentaje de bandas polimórficas fue la combinación E33M60, mostrando 73 bandas polimórficas con un 3510 %, y la combinación que detectó menor porcentaje de bandas fue la E45M61, mostrando 7 bandas polimórficas con un 3,37. Se realizó el cálculo del contenido de información polimórfica (PIC) siendo éstas de 13.51, 0.98, 12.41, 9.42, 8.21 y 11,2 para la

combinación de iniciadores E33M60, E45M61, E33M48 Y E38M61 respectivamente. La combinación E33M60 Y E33M61 presentaron el Índice de combinación de iniciadores más alto, siendo esta 13,51 Y 12,41, por ello estas combinaciones se puede sugerir como una combinación de elección en futuras investigaciones a nivel de análisis con AFLPs para estudios en tuna.

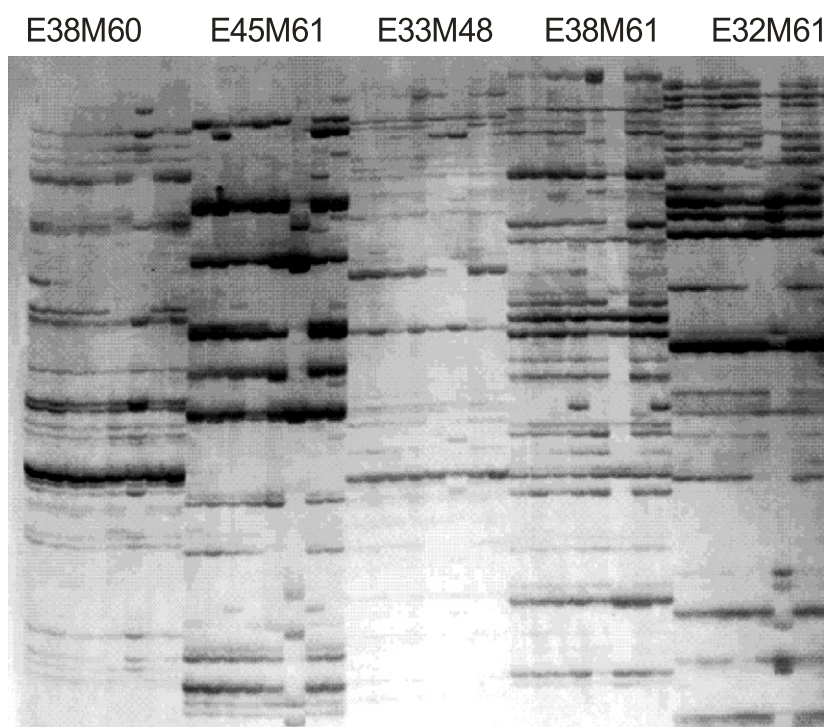


Figura 1. Patrón de bandas AFLP obtenido de cinco combinaciones de iniciadores en *Opuntia ficus indica* “tuna”. Ayacucho 2018.

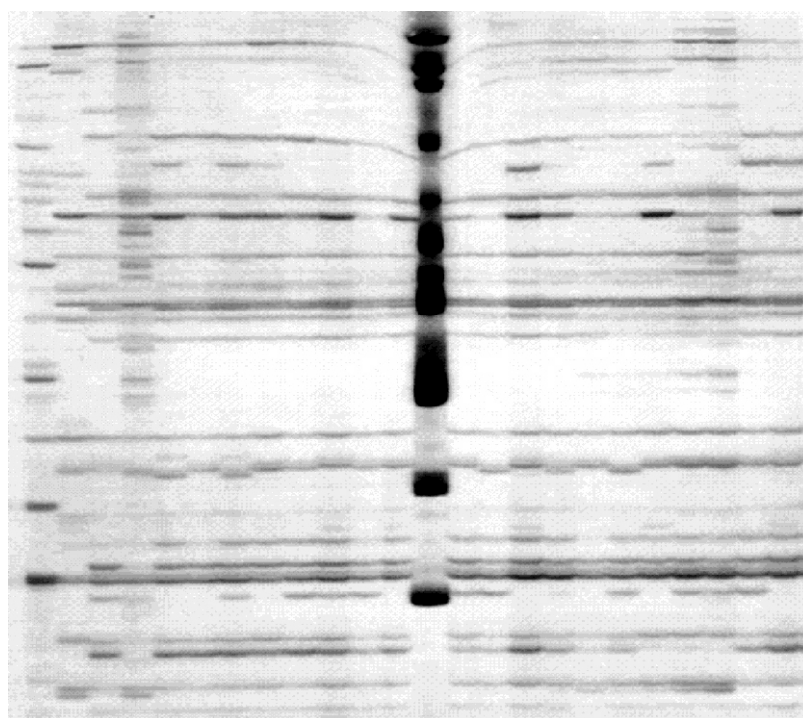


Figura 2. Perfil de amplificación AFLP de *Opuntia ficus indica* “tuna”. Combinación de iniciadores E33M48 y “M” representa el marcador de peso molecular. Ayacucho 2018.

En el análisis molecular de tuna de las 40 muestras, se encontró que la variación genética promedio fue de 0,276, con un índice de información de Shannon de 0,426. De acuerdo al dendrograma del agrupamiento de accesiones de tuna procedentes del banco de germoplasma INIA Ayacucho, en el agrupamiento se puede observar un árbol con grados de diferenciación entre las muestras analizadas utilizando el

coeficiente Simple Matching. La correlación cofenética fue de 0. 99354 (sig., $p= 1.000$) Indicando una muy buena representación del dendrograma con respecto a la matriz de distancia. Y a una distancia ultramétrica de 0.752 se distingue cuatro grupos. El grupo I incluye 23 accesiones de tuna y en el grupo II comprende 9 accesiones, así como los grupos III y IV con 4 accesiones cada uno. Por lo que en el

análisis no se observaron accesiones duplicadas o repetidas, todas las accesiones muestran ser diferentes.

Se realizó el cálculo del Índice de heterocigocidad media, siendo esta 0,26; teniendo en cuenta que el máximo valor que se puede alcanzar es 0,5, podemos indicar que estos resultados mostraron bajo nivel de polimorfismo genético de las accesiones procedentes del banco de germoplasma del INIA Ayacucho.

La investigación logró analizar la diversidad genética de las 40 colecciones de tuna pertenecientes al banco de germoplasma del Instituto Nacional de Innovación Agraria-Ayacucho, la metodología de Doyle y Doyle (1990) modificado, para el aislamiento de ADN genómico a partir del parénquima de tuna fue óptima, ya que se obtuvo como resultado un DNA con buen grado de pureza y en concentraciones suficientes (100 – 400 ng/μl) para su amplificación mediante la técnica AFLP, la estandarización de la técnica AFLP mostraron fragmentos amplificados con alta resolución y reproducibilidad, permitieron generar un gran número de loci con un rango de tamaño de 100 – 2000 pb. determinándose que a concentraciones entre 100 y 400 ng/μl fueron las concentraciones adecuadas de ADN digerido que permitieron continuar de manera eficiente la técnica de AFLP, además se determinó que diluciones 1:4 fueron los que mostraron perfiles de amplificados mucho más claros e intensos. Y la variación genética promedio fue 0,276 y el índice de Shannon fue 0,426. Por lo tanto se evidencia que existe un bajo grado de diversidad genética en las accesiones analizadas.

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Ayacucho. En especial al Ing. Ignacio Juan Tieno Canchari.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alimentación Sana Org. (2010). El Nopal y sus Propiedades.

Brown PO, Botstein D. (1999). Exploring the new world of the genome with DNA microarrays. *Nat. Genet.* [internet]. 1999. [citado 15 de marzo de 2015]; 21: 33-37.

Doyle JJ; Doyle JL. (1990). Isolation of DNA from small amounts of plant tissues. *Focus* 12:13-15.

Excoffier, L., G. Laval y S. Scheider. (2005). Alerquin. Un software integrado para el análisis de Genética de Poblaciones de datos. Instituto Zoológico de la Universidad de Berna - Suiza.

Ferreira M; Grattapaglia D. (1998). Introducción al uso de marcadores moleculares en el análisis genético. EMBRAPA-CENARGEN, Brasilia-Brasil.

Ferreira M; Grattapaglia D. (1998). Introducción al uso de marcadores moleculares en el análisis genético. EMBRAPA-CENARGEN, Brasilia-Brasil.

González F, Pita J. (2001). Conservación y caracterización de Recursos Filogenéticos. Publicaciones I.N.E.A. Valladolid. España.

Kresovich S.; William J.; Mcferson J.; Routman E.; Schaal B. (1993). Characterization of genetic identities and relationships of Brassica oleracea L. via a random amplified polymorphic DNA assay. *Theor. Appl. Genet.* 85: 1-7.

Levitus G, Echenique V, Rubinstein C, Mroginski L. (2010). Biotecnología y mejoramiento vegetal II. 2da. Edic. Edit: INTA. Buenos Aires. Argentina.

Reynolds S. y Arias – Jimenez E. (2010). Grupos de Pastizales y Cultivos Forrajeros División de producción Vegetal. Edit. FAO.

Rohlf, J. (2000). NTSYS pc. University of New York. Stony Brook, NY 11794-5245.

Sevilla PR, Holle S.M. (2004). Recursos Genéticos Vegetales. Lima, Ediciones Torre Azul SAC.p. 445.

Valadez E, Kahl G. (2000). Huellas de AND en genomas de plantas (Teoría y protocolos de laboratorio). Mundi-prensa México, S.A. de C. V.

Vos P, Hogers R, Bleeker M, Reijans M, Van De Lee T, Hornes M. (1995). AFLP: a new technique ADN fingerprinting. *Nucleic acids research.* [internet]. [citado 20 de marzo de 2015]; 23: 44407-4414.

VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA COMUNIDAD ZOOPLANCTÓNICA EN LA LAGUNA TOCTOCCOCHA, TAMBO, LA MAR AYACUCHO 2018

Carlos Carrasco Badajoz, Elmer Avalos Pérez, Edwin Portal Quicaña

Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Biológicas

Programa de Investigación en Biodiversidad y Gestión Ambiental - Sub Programa de Biodiversidad

E-mail: carlos.carrasco@unsch.edu.pe

RESUMEN

Las lagunas altoandinas, son ecosistemas muy importantes, ya que contienen una gran biodiversidad, además de prestar importantes servicios ecosistémicos. Por ello es necesario generar información de dichas comunidades biológicas, como del zooplancton, del cual existe poca información. Como objetivos se planteó evaluar la composición (hasta género), abundancia y su relación con la profundidad y época (meses del año), en la laguna Toctoccocha, la que se ubica en el distrito de Tambo, provincia La Mar en el departamento de Ayacucho durante el año 2018. Para la colección de muestras se empleó una botella Niskin de 5 L de capacidad, sumergida a profundidades de 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 y 18 metros a partir de un bote. Las aguas colectadas, fueron filtradas con una red de plancton de 50 μ m de luz de malla, obteniéndose una alícuota de aproximadamente 100 mL que fue dispuestos en bolsas de polietileno añadiéndose gotas de formaldehído, posteriormente transportadas al laboratorio para su identificación. Se registró seis géneros de zooplancton, perteneciente a seis familias, cuatro órdenes y dos clases, donde los géneros Keratella y Chydorus están asociada con las menores profundidades, y Filina con las mayores. También géneros Brachionus y Chydorus se asocia con noviembre donde son más abundantes, así como Keratella y Daphnia con junio y julio. Se aprecia que Brachionus es más abundante en la superficie; mientras que Daphnia a mayores profundidades. Finalmente, el género Brachionus tiende a ser más abundante en los meses de agosto a noviembre; mientras que Keratella y Daphnia en los meses de junio y julio.

Palabras clave: variación, espacial, temporal, zooplancton, laguna.

SPACE AND TEMPORARY VARIATION OF THE ZOOPLANCTÓNICA COMMUNITY IN LA LAGUNA TOCTOCCOCHA, TAMBO, LA MAR AYACUCHO 2018

ABSTRACT

The high Andean lagoons are very important ecosystems, since they contain a great biodiversity, in addition to providing important ecosystem services. Therefore, it is necessary to generate information on these biological communities, such as zooplankton, of which there is little information. The objectives were to evaluate the composition (up to gender), abundance and its relationship with depth and time (months of the year), in the Toctoccocha lagoon, which is located in the district of Tambo, La Mar province in the department of Ayacucho during the year 2018. For the collection of samples a Niskin bottle of 5 L capacity was used, submerged at depths of 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 and 18 meters from a boat. The collected waters were filtered with plankton net of 50 μ m of mesh light, obtaining an aliquot of approximately 100 mL that was placed in polyethylene bags, adding drops of formaldehyde, then transported to the laboratory for identification. Six genera of zooplankton were registered, belonging to six families, four orders and two classes, where the genera Keratella and Chydorus are associated with the lowest depths and Filina with the largest. Also genera Brachionus and Chydorus is associated with November where they are most abundant, as well as Keratella and Daphnia with June and July. It is appreciated that Brachionus is more abundant on the surface; while Daphnia at greater depths. Finally, the genus Brachionus tends to be more abundant in the months of August to November; while Keratella and Daphnia in the months of June and July.

Keywords: variation, spatial, temporal, zooplankton, lagoon.

INTRODUCCIÓN

Las lagunas altoandinas, al acumular agua, promueve que en ellas exista una alta biodiversidad, considerando que se ubican en área xerofíticos, hallándose en ellas aves, peces, plantas, etc. Por otro lado, también presta importantes servicios ecosistémicos al hombre, como la de proveer agua para el desarrollo de sus diferentes actividades, no olvidarnos que muchos de ellas dan origen a ríos y riachuelos que constituyen la red hídrica de los Andes Peruanos. Los aspectos señalados, además de otros, hacen que sean ecosistemas importantes para el hombre, por lo que es necesario desarrollar medios y mecanismos que permitan su

uso sostenible; por ello es necesario genera información para determinar los mecanismos de su funcionamiento y uno de dichos aspectos es conocer sobre más sobre las comunidades biológicas que presentan. El zooplancton, es una comunidad que destaca por su función en el flujo de energía en dichos ecosistemas, sin embargo, no existe mucha información.

El zooplancton, tróficamente se halla en una posición intermedia, entre el fitoplancton que fijan la energía solar como energía química, y los consumidores de orden superior como los peces, anfibios y aves. Lo señalado hace que sea muy importante su caracterización en los estudios limnológicos lo que permitirá tener mayor información sobre

el funcionamiento de las lagunas altoandinas. Una aplicación que es interesante del conocimiento del zooplancton, es su uso como bioindicadores del estado ambiental de las lagunas, sin embargo, para ello es necesario tener información de la composición y abundancia de sus componentes, asociándolo a los factores ambientales como la concentración de nutrientes, transparencia, características fisicoquímicas. Información del zooplancton en lagunas en nuestro departamento son limitados, por lo que es necesario desarrollar actividades que suplan dicha necesidad, lo que hará posible el uso sostenible de dichos ecosistemas.

Cada cuerpo de agua posee características propias que hacen que la comunidad zooplanctónica varíe espacial y temporalmente, ya que son susceptibles a la influencia de las características abióticas (temperatura, luz, oxígeno disuelto, concentración de nutrientes) y bióticas (depredadores, parásitos, competencia).

El trabajo de investigación planteado servirá como un esfuerzo más para conocer sobre el zooplancton y su comportamiento según los meses y según las diferentes profundidades.

Objetivo General

Evaluar como la espacialidad (profundidad) y temporalidad (meses del año) influyen en las características de la comunidad zooplanctónica de la laguna Toctoccocha ubicada en el distrito de Tambo, provincia La Mar en el departamento de Ayacucho durante el año 2018.

Objetivos específicos

- Determinar como la espacialidad (profundidad de la laguna) influye en la composición de la comunidad zooplanctónica de la laguna.
- Determinar la influencia de la temporalidad (meses) sobre la composición de la comunidad zooplanctónica de la laguna
- Determinar la influencia de la espacialidad (profundidad de la laguna) sobre la abundancia de los componentes de la comunidad zooplanctónica de la laguna.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

Ubicación política

El trabajo e investigación se realizó en la laguna Toctoccocha ubicada en el distrito de Tambo, teniendo como ubicación política:

Departamento : Ayacucho
Provincia : La Mar
Distrito : Tambo
Lugar : Apacheta

Población y muestra

Población

La comunidad zooplanctónica de la laguna Toctoccocha de la localidad de Apacheta, Tambo, La Mar, Ayacucho.

Muestra

74 muestras de zooplancton tomados en dos zonas de muestreo en diez diferentes profundidades (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 y 18 metros) durante el año 2018 de la laguna

Toctoccocha Tambo, La Mar, Ayacucho.

Muestreo

El muestreo empleado fue polietápico, donde en primera instancia se seleccionó dos zonas de muestreo en el espejo de la laguna a partir del cual se realizaron muestreos a las profundidades de 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 y 18 metros, para el cual se empleó la botella muestreadora de Niskin.

Sistema de muestreo y toma de datos

Obtención de muestras

La colección de muestras se realizó mediante el uso de una botella Niskin de 5 L de capacidad la que fue sumergida a las profundidades de 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 y 18 metros a partir de un bote. Las muestras colectadas fueron inmediatamente filtradas mediante una red de plancton de 50 μ m de luz de malla, obteniéndose inicialmente una alícuota de aproximadamente 100 mL el cual fue colocado en bolsas de polietileno al que se añadió gotas de formaldehído.

Identificación de los organismos

Se realizó utilizando las claves taxonómicas de Crustaceos cladoceros Claude Amoros, (1984) y de Rotíferos de sabanas inundables en Mantecal de F. Michelangeli, Zoppi de Roa, Pourriot, (1980).

Análisis de datos

La información generada sirvió para la construcción de una matriz de datos en el software Excel para luego ser exportada al IBM SPSS 20, InfoStat y PAST.

Los resultados se presentaron en figuras y tablas en la que se mostró estadísticos de tendencia central y de dispersión. Así mismo con la finalidad de comparar la composición y abundancias entre las diferentes profundidades y las épocas del año se empleó la prueba de Kruskal Wallis, ya que los datos no mostraron distribución normal y con la finalidad de determinar la relación de los meses de muestreo con la composición y abundancia de los componentes del zooplancton, se realizó el análisis multivariado de componentes principales. Para todos los casos se trabajó con una confianza de 95% ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Composición de la comunidad zooplanctónica de la laguna Toctoccocha, Tambo, La Mar, Ayacucho 2018.

Clase	Orden	Familia	Género
Branchiopoda	Cladocera	Daphniidae	Ceriodaphnia
			Daphnia
	Diplostroaca	Chydoridae	Chydorus
Monogononta	Plioma	Flosculariaceae	Filina
		Trochosphaeridae	Brachionus
		Brachionidae	Keratella

En la Tabla 1 se muestra la composición de la comunidad zooplanctónica a nivel de género según las profundidades muestreadas. Se aprecia que se hallaron un total de seis géneros, perteneciente a cuatro familias, cuatro órdenes y dos clases. La poca cantidad de géneros probablemente se deba a el uso de una red con una luz de malla de 50 μ por lo que se capturaron organismos con tamaños superiores al valor mencionado, por otro lado, no se registró copépodos, probablemente debido a que estos organismos se hallan principalmente asociados a la zona litoral; los muestreos fueron realizados en la zona limnética de la laguna donde las profundidades registradas fueron superiores a los 16 metros. Por otro lado, se observa que los géneros *Daphnia*,

Brachionus y *Keratella*, fueron registrados en todas las profundidades muestreadas; mientras que *Ceriodaphnia*, *Chydorus* y *Filina* fueron registrados en algunas profundidades. Cabe señalar que muchas especies del zooplancton en ambiente lénticos muestran migraciones verticales la que está determinadas por los ciclos del día y la noche —(Wetzel, 1981), lo que determina que haya una distribución espacial en sus componentes según las horas del día (Roldan & Ramírez, 2008), además se considera que las especies que ocupan un mismo hábitat ocupan diferente espacios (lugares) con la finalidad de evitar la competencia y depredación.

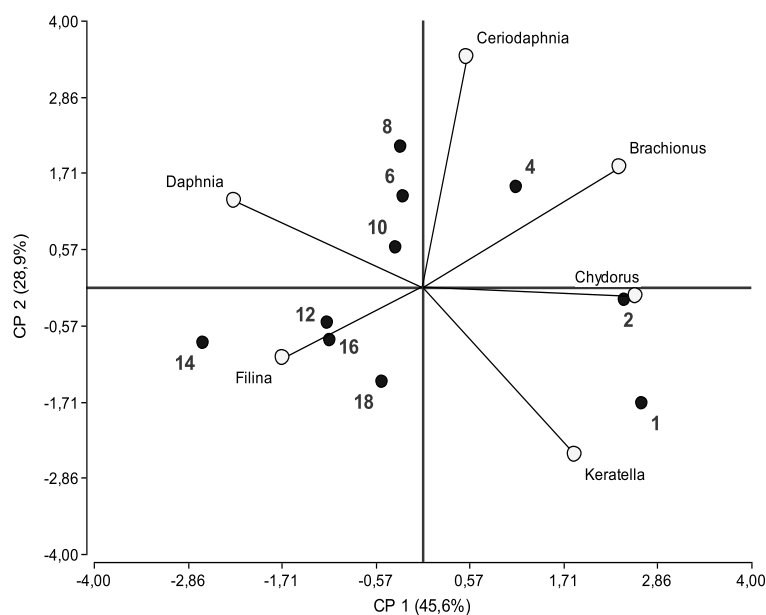


Figura 1. Biplot de los dos primeros componentes principales para la composición de la comunidad zooplanctónica según las profundidades de muestreo en la laguna Tootococha.

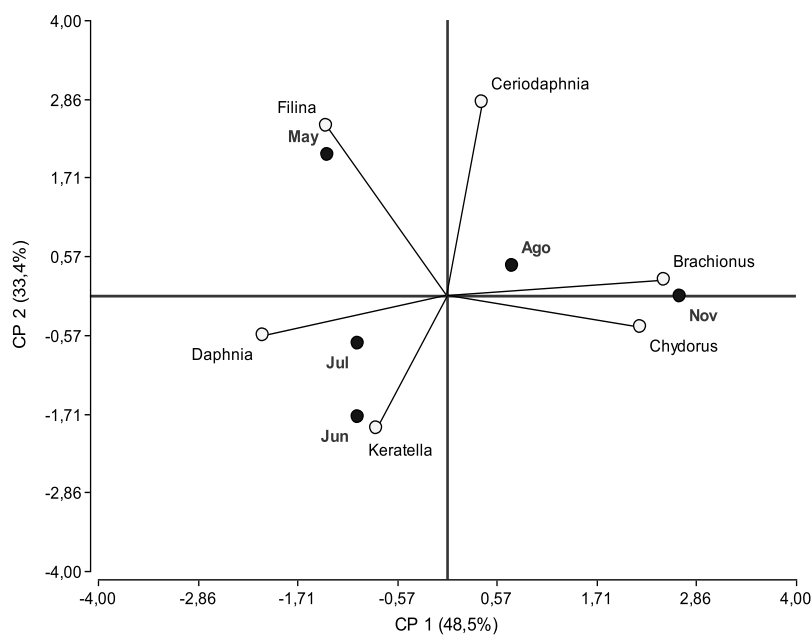


Figura 2. Biplot de los dos primeros componentes principales para la composición de la comunidad zooplanctónica según los meses de muestreo en la laguna Tootococha, Tambo, La Mar, Ayacucho 2018.

Con la finalidad de determinar la influencia de la profundidad de la laguna sobre la distribución de los géneros del zooplancton, se realizó el análisis de componentes principales con la finalidad de reducir el número de variables y hacer más hallar dichas relaciones, es por ello, la Figura 1 muestra el biplot de los dos primeros componentes principales que en conjunto explican el 74,5% de la variancia (se considera que por encima del 60% es adecuado), donde los más importante que muestra dicha es que el género *Brachionus* se halla asociado a las menores profundidades principalmente a 2 y 4 metros; y *Keratella* a la parte superficial. Mientras que *Filina* se halla asociado a las mayores profundidades.

En la Figura 2, se muestra el biplot del análisis de componentes principales, donde los dos componentes explican aproximadamente el 82% de la varianza de la relación de los géneros del zooplancton con los meses de muestreo. Resalta que el género *Brachionus* se halla asociado al mes de noviembre y agosto (meses en los que ostensiblemente incrementan su abundancia; por otro lado, *Keratella* está asociado al mes de junio y julio (meses donde hacen prácticamente su aparición) al igual que *Daphnia*; mientras que *Filina* al mes de mayo. Com ya se mencionó los factores ambientales ejercen importante influencia en las presencia y abundancia de las poblaciones de organismos, siendo muchos de ellos limitantes, tal como lo señala (Begon, Harper, & Townsend, 1999).

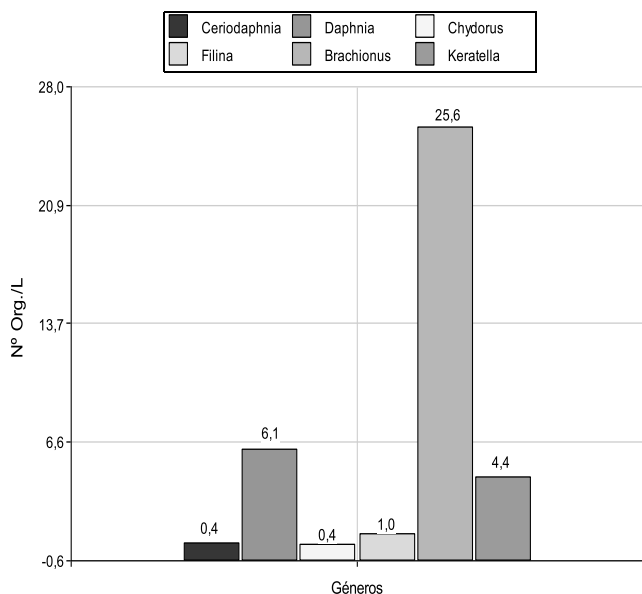


Figura 3. Promedio del número de organismos/L de los géneros componentes de la comunidad zooplanctónica en la laguna Tactococha, Tambo, La Mar, Ayacucho 2018.

En la Figura 3 se muestra los valores promedios de la abundancia (nº de individuos/L) de los seis géneros hallados en la laguna Tactococha. Se observa en términos generales de la existencia de la existencia de un género que es dominante que en este caso es *Brachionus* con un promedio de 25,6 organismos/L, seguido de *Daphnia* y *Keratella* con 6,1 y 4,4 organismos/L, respectivamente. Se considera que en las comunidades biológicas existen pocas poblaciones que son dominantes (muy abundantes) y muchas cuyas abundancias son mucho menores a las primeras (poblaciones raras) tal

como lo menciona (Smith et al., 2007).

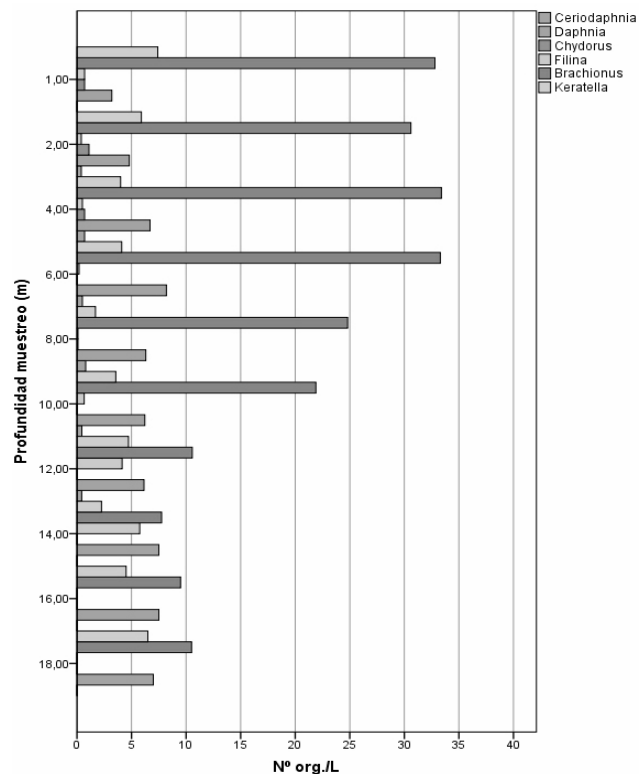


Figura 4. Abundancia promedio (nº organismos/L) de los géneros componentes de la comunidad zooplanctónica según las profundidades de muestreo en la laguna Tactococha, Tambo, La Mar, Ayacucho 2018.

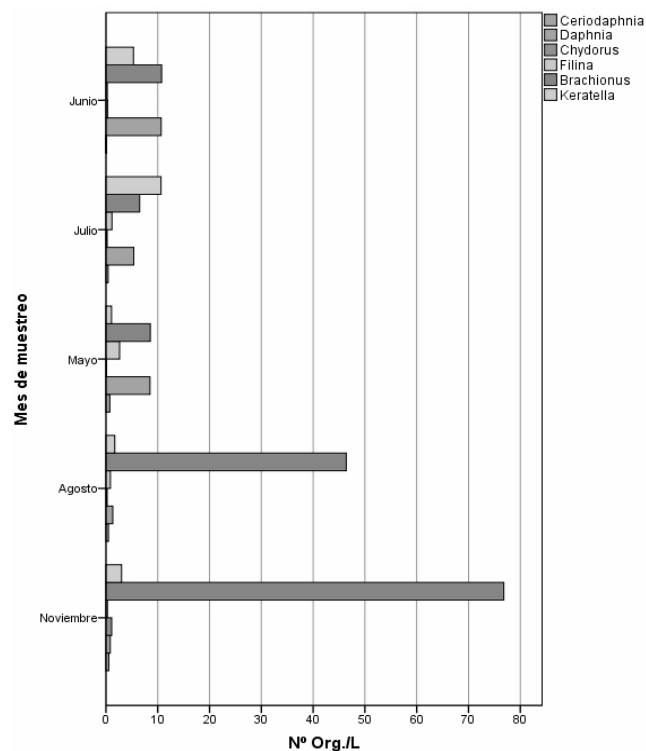


Figura 5. Abundancia promedio (nº organismos/L) de los géneros componentes de la comunidad zooplanctónica según los meses de muestreo en la laguna Tactococha, Tambo, La Mar, Ayacucho 2018.

En la Figura 4 se muestra las abundancias promedios de los seis géneros de zooplancton hallados en la laguna Toctococha. Para el caso de *Brachionus*, se observa que presentan las mayores abundancias en los primeros metros de profundidad para luego ir disminuyendo, comportamiento diferente es el que muestra *Daphnia*, donde sus mayores profundidades son a más de 4 metros. En caso de *Keratella*, se observa que más abundante en la superficie y en las zonas más profundas, mientras que el *Chydorus* es registrado solo en los primeros metros de profundidad.

En la Figura 5 se muestra las abundancias promedio de los seis géneros registrados en la comunidad zooplanctónica por meses de muestreo. Resalta que *Brachionus* es el más abundante, principalmente en los meses de agosto y noviembre, siendo menor en los meses de junio, julio y mayo. Las abundancias de *Daphnia* se comportan de manera diferente, sus abundancias son mayores en los meses de junio, julio y mayo, para luego reducirse, también es importante resaltar que *Chydorus* se registra solo en el mes de noviembre.

De acuerdo a los resultados, se concluye que el zooplancton en la laguna Toctococha está constituido por seis géneros los que pertenecen a seis familias, cuatro órdenes y dos clases. Se halló que algunos géneros están asociados con la profundidad de muestreo, así *Keratella* y *Chydorus* son típicos de las menores profundidades, y *Filina* de las mayores. Los géneros *Brachionus* y *Chydorus* se asocia con noviembre en la que son más abundantes, mientras que *Keratella* y *Daphnia* con los meses de junio y julio. *Brachionus*, es más abundante en la superficie; mientras que *Daphnia* incrementa su abundancia con la profundidad. El género *Brachionus* tiende a ser más abundante para los meses de agosto a noviembre; mientras que *Keratella* y *Daphnia* lo son en los meses de junio y julio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amoros, C. (1984). Crustacés cladocères. Universidad de California. Société Linnéenne.
- Begon, M., Harper, J. L., & Townsend, C. R. (1999). *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Omega.
- Brack, A., & Mendiola, C. (2010). *Ecología del Perú*. Bruño.
- Michelangeli, F., Zoppi de Roa, E. Z., & Pourriot, R. (1980). Rotíferos de sabanas inundables en Mantecal, Edo. Apure, Venezuela. Cah. ORSTOM, ser. Hydrobiol, 13, 47-59.
- Ramirez, A. R. (1999). *Ecología aplicada: diseño y análisis estadístico*. U. Jorge Tadeo Lozano.
- Roldan, G., & Ramírez, J. J. R. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Universidad de Antioquia.
- Smith, T. M., Smith, R. L., & Román, E. S. (2007). *Ecología*. Addison-Wesley.
- Wetzel, R. (1981). *Limnología*. Barcelona – España: Ediciones Omega, S.A.

INGENIERÍA QUÍMICA, MINAS GEOLOGÍA Y CIVIL

INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO PARA EL POPEO DE GRANOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) ROJA CON AIRE CALIENTE

Cipriano Mendoza Rojas

Unidad de investigación e Innovación de Ingeniería Química y Metalurgia
Programa de Investigación de Procesos Industriales - Área de Operaciones y Procesos Químicos
E-mail: cmendozar71@hotmail.com

RESUMEN

Se presenta el método de popeo innovado de los granos de quinua roja empleando la tecnología de secado flash por transporte neumático con arrastre de flujo de aire caliente a través del interior de un tubo. La materia prima utilizada es quinua roja sin lavar, ni escorificado para proteger el pericarpio que actúa como una coraza para producir el estallido de almidón gelatinizado por el incremento de la presión interna por la vaporación del agua. Para el propósito del experimento se ha diseñado y construido el equipo experimental prototipo a bajo costo. De los resultados del ensayo se demuestra que método de popeo innovado respecto al método convencional es más eficiente en cuanto a la calidad del producto expresado como la relación de expansión mayor a 4 y el porcentaje del popeo mayor a 85 %. El producto obtenido presenta una contextura uniforme. Para el popeado optimo, la temperatura del aire caliente con flujo continuo es entre 240 – 250 °C, mayor temperatura disminuye el volumen de producción del popeo, la velocidad de transporte de la quinua debe ser menor a 5 m/s. Resultados obtenidos demuestran la factibilidad técnica de producción de alimentos de fácil consumo para satisfacer el mercado internacional con valor agregado para las empresas que exportan quinua. Basado en estos resultados actualmente la empresa exportadora de quinua está desarrollando el escalamiento del equipo para mayor volumen de producción.

Palabras clave: Popeo de quinua, relación de expansión, transporte neumático de granos, lecho fluidizado.

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE FOR THE POPPING OF QUINOA GRAINS (*Chenopodium quinoa*) RED WITH HOT AIR

ABSTRACT

The innovative method of popping red quinoa grains is presented using flash drying technology by pneumatic transport with hot air flow through the inside of a tube. The raw material used is red quinoa without washing or scarification to protect the pericarp that acts as a shell to produce the explosion of gelatinized starch by increasing the internal pressure by water vaporization. For the purpose of the experiment, the prototype experimental equipment has been designed and built at low cost. From the results of the test, it has been demonstrated that an innovative popping method with respect to the conventional method is more efficient in terms of the quality of the product expressed in the expansion ratio greater than 4 and the percentage of the popping greater than 85%. The product obtained has a uniform texture. For optimal popping, the temperature of the hot air with continuous flow is between 240 - 250 °C, the higher temperature decreases the volume of production of the popping. The air velocity for the transport of quinoa grains must be less than 5 m / s. Results obtained demonstrate the technical feasibility of producing easy foods consume to satisfy the international market with added value for companies that export quinoa. Based on these results, the quinoa exporting company actually is developing the equipment scaling for greater production volume.

Keywords: Popping quinoa, expansion ratio, pneumatic transport of grains, fluidized bed.

INTRODUCCIÓN

La implantación de tecnologías más eficientes en la producción de alimentos popeados con mayor valor agregado como es el caso de los granos andinos de la quinua roja se ve limitado por los diferentes factores como la poca información bibliográfica, investigación sobre equipos popeadores de granos andinos en nuestro medio, la falta de disponibilidad de equipos en el mercado nacional o internacional, todo estos factores restringen en el aparato productivo del sector industrial exportadora de quinua, limitando solo a la comercialización de la quinua como materia prima sin procesar, por falta de adaptaciones

tecnológicas de equipo y maquinaria requerida para nuestro sector industrial.

Los granos de la quinua roja popeados (reventados como palomitas de maíz), actualmente constituye como uno de los ingredientes más importantes en los alimentos snacks, especialmente en los países como Estados Unidos, Comunidad Económica Europea, Japón y otros países con alto nivel económico (Agrodata, 2016, FAO, 2014). El objetivo del presente estudio fue desarrollar un prototipo a escala planta piloto y adaptar al popeado de los granos de la quinua roja para una producción a gran escala para el sector industrial. El prototipo seleccionado fue diseñado y

construido en material de vidrio con fines de visualizar el fenómeno de popeado. Se utilizó aire caliente como agente de popeado y a su vez cumplirá tres funciones: transportar los granos, secar y popear por rápida evaporación del contenido de humedad dentro de los granos, acompañando con la gelatinización del almidón. Esta operación se realizará en pocos segundos en forma continua sin dañar sus propiedades nutricionales. El prototipo desarrollado es a nivel planta piloto y es de bajo costo. Los resultados evaluados y con parámetros operacionales optimizados serán con fines de transferir al sector productivo para construir equipos a gran escala para una producción industrial continua.

El estallido de cereales se ha practicado desde hace cientos de años. El popeo o estallido es un tipo de cocimiento de almidón, donde los granos se exponen a altas temperaturas durante breve tiempo. El estallido es un proceso en el que los granos se calientan hasta que la humedad interna se expande y explota para luego salir a través de la capa exterior del grano (Arkhipov et al., 2005). Para realizar el popeado existe diferentes métodos tales como el uso de arena caliente o sal caliente, el popeado en recipientes que pueden ser ollas de barro o sartenes, el de lecho fluidizado o el uso de microondas (Iyota H, et al 2014). Todas estas alternativas son solo a nivel a pequeña escala o artesanal. Uno de los grandes problemas que enfrenta la industria es disponer de un equipo que permita el popeo con flujo continuo y con menos pérdida del material durante el popeo, es decir encontrar las condiciones favorables bajo los cuales se alcance un popeo uniforme, con lo cual se minimice pérdidas, es decir que todos los granos de la quinua roja revienten. Para realizar este trabajo se plantea una nueva alternativa tecnológica como es el uso de secador flash tipo transporte neumático de flujo continuo y para determinar las condiciones de operación es necesario construir un equipo prototipo para estudiar la factibilidad técnica del popeo. Con este trabajo se pretende innovar el procesamiento de la quinua obteniendo nuevos productos en forma popeado especialmente de la quinua roja que el mercado internacional demanda para ser utilizado como producto instantáneo, y para el cual fue necesario identificar los problemas actuales de la operación de popeado a escala industrial, con la finalidad de plantear la alternativa que optimice el proceso de popeado mejorando sus propiedades físicas del popeado (Aleksandr A. et al, 2005).

MATERIAL Y MÉTODOS

Materia prima. Para el popeado de la quinua, como materia prima se ha seleccionado básicamente la quinua roja, la razón de esta selección se debe a que la corteza exterior (capa externa) de este tipo de quinua presenta cierta dureza, lo que favorece el popeado al reventar la superficie de la quinua por acción de la presión interna que ejerce el vapor sobrecalentado por la acción del sometimiento de los granos de quinua al calentamiento con aire por encima de 250 °C, en cambio las otras variedades de la quinua como es la amarilla, la blanca o la negra no presenta esta característica, por presentar una corteza muy suave. La siguiente Figura 1 muestra la quinua roja junto a otras dos variedades como es la blanca y la negra.



Figura.1. variedades de semillas de granos de la quinua: negra, roja y amarilla.

Metodología experimental: La metodología consistió en la evaluación de las características físicas de la materia prima y popeado, así como la caracterización de hidrodinámica.

Las características físicas de la quinua están determinadas por el diámetro medio esférico (d_m), densidad aparente (ρ_a), densidad real (ρ_{real}) y porosidad (ε_o), evaluadas a partir de las siguientes expresiones:

$$diámetro\ medio\ (dm) = \frac{\sum_i \left(\frac{x_i}{d_i^2} \right)}{\sum_i \left(\frac{x_i}{d_i^3} \right)} \quad (1)$$

$$\rho_a = \frac{m}{V} \quad , \quad \rho_{real} = \frac{m}{V_{real}} \quad , \quad \varepsilon_o = 1 - \left(\frac{\rho_a}{\rho_p} \right) \quad (2)$$

Las Característica hidrodinámica de la quinua roja, se evalúa a través de la **velocidad** mínima de fluidización y velocidad de fluidización completa a mediante las siguientes ecuaciones (Costa Novella et al 1985):

$$V_\infty = 2 \sqrt{\frac{d_p}{3}} \sqrt{\left(\frac{\rho_p}{\rho_f} - 1 \right) \frac{g}{f_{D\infty}}} \quad (3)$$

$$f_{D\infty} = f(Re_\infty) \quad , \quad Re_\infty = \frac{\rho_f V_\infty d_p}{\mu_f} \quad (4)$$

Para resolver esta ecuación es fundamental calcular el factor de roce fluido partícula ($f_{D\infty}$) a partir de las correlaciones para formas geométricas definidas (placas planas, cilindros, esferas). Para el caso de la esfera se ha planteado las siguientes ecuaciones:

Ley de Stokes, para valores de

$$f_{D\infty} = Re_\infty < 1,0 \quad , \quad f_{D\infty} = \frac{24}{Re_\infty} \quad (5)$$

Para

$$1,0 < Re_\infty < 1000, f_{D\infty} = \frac{24}{Re_\infty} \left[1 + 0,15 Re_\infty^{0,687} \right] \quad (6)$$

$$\text{Para } 1000 < Re_\infty < 10^5, \quad f_{D\infty} = 0,44 \quad (7)$$

$$V_{\min} = \sqrt{\frac{4\epsilon^{4,7} d_p g (\rho_p - \rho_f)}{3 f_{D\infty} \rho_f}} \quad (8)$$

Expresión que determina la velocidad mínima de fluidización. Para la fluidización completa de las partículas algunos investigadores proponen la siguiente expresión de $V_{fluid} = 2,0 V_{\min}$, y para el caso de transporte neumático, la velocidad de arrastre deberá ser: $V_{arrastre} >>> V_{\min}$

Las características físicas del popeado, determinan la calidad del popeado en base a la eficiencia del popeado, relación de expansión y el tamaño de granos no popeados, de acuerdo a las siguientes ecuaciones (Vinita Sharma, 2014):

- Porcentaje de eficiencia de popeado: es la relación del peso de grano popeado respecto al peso de grano popeado y no popeado, expresado en porcentaje.

$$\% \text{ popeado} = \frac{\text{Peso total grano popeado}}{\text{peso total grano popeado} + \text{peso grano no popeado}} \times 100 \quad (9)$$

- Relación de expansión (*RE*): es la relación del volumen total popeado (ml) respecto al volumen de granos de granos de quinua como materia prima expresado en volumen. La relación de expansión máxima indica una buena calidad de popeado. La relación de expansión (*RI*), se calcula a partir de la siguiente relación:

$$\text{Relacion de expansion (RE)} = \frac{\text{Volumen popeado (V}_2\text{)}}{\text{Volumen materia prima sin popear (V}_1\text{)}} \quad (10)$$

V_1 y V_2 se calcularon utilizando una probeta de volumen graduado, donde se colocaron las muestras sin popear (V_1) y popeado (V_2).

Equipo experimental: La figura 2, muestra el prototipo experimental de popeo, diseñado y construido con tubo de vidrio y acero inoxidable, junto con los puntos etiquetados para la medición de temperatura y velocidad del aire.

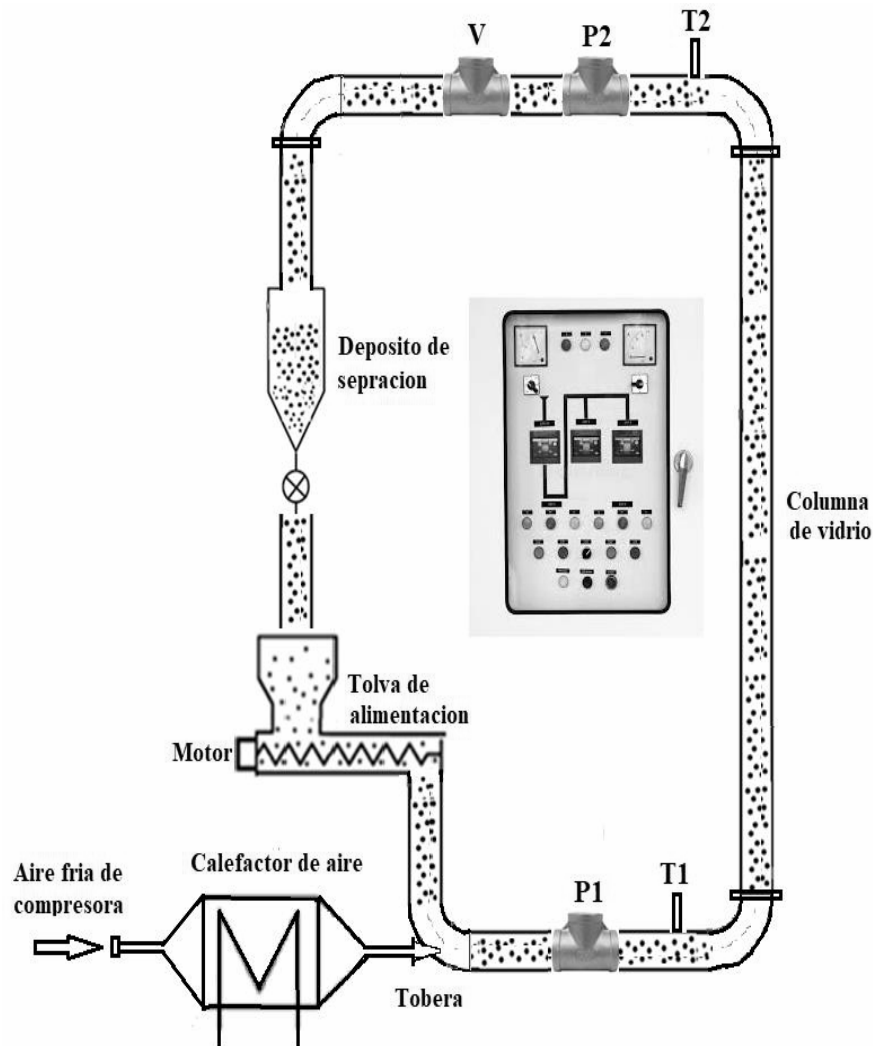


Figura 2. Esquema del equipo para el popeo de los granos de la quinua roja.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis granulométrico, la quinua roja presenta un tamaño medio de 1,5 mm (Fig.3), la misma que fue verificado por el tamaño medio geométrico de (dm) = 1,48 mm).

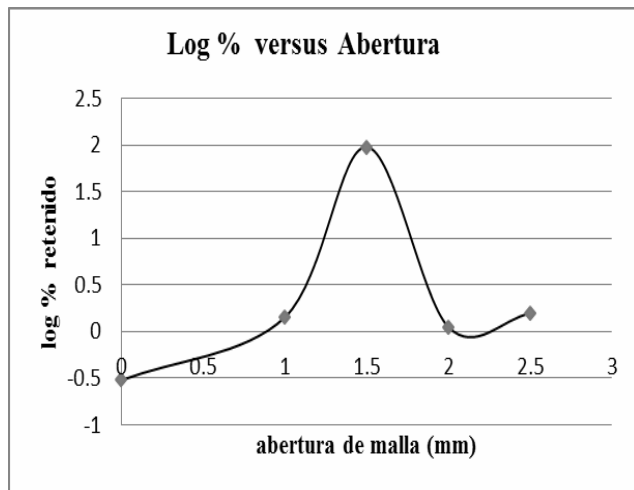


Figura 3. Resultados de análisis granulométrico

De los resultados se puede apreciar que un 95,6 % (log de 1.980458) corresponde a un diámetro medio de 1,50 mm de diámetro, valor que corrobora con el cálculo de diámetro medio aritmético 1,48 mm. Según la norma técnica peruana NTP 205.062:2009 QUINUA, el tamaño del grano entra en la categoría de mediano (mayor a 1,40 hasta 1,69 con 85 % retenido en la malla ASTM 14).

De los ensayos experimentales, la quinua roja presenta una densidad aparente promedio de $\rho_a = 766,0 \text{ kg/m}^3$, y una densidad real de la partícula de $\rho_{real} = 1103,5 \text{ kg/m}^3$, y con una porosidad de $\epsilon_o = 0,2639$. Esta porosidad corresponde a quinua seca con 12 % de humedad con un tamaño promedio medio de 1,5 mm de diámetro. Datos que fue corroborado con estudios realizados por C. Vilche, M. Gely, E. Santalla (2003). Estos resultados fueron empleados para determinar la característica hidrodinámica de la velocidad de arrastre de la quinua roja, cuyo valor calculado fue de $V_\infty = 5,8713 \text{ m/s}$. Esta velocidad de arrastre calculado viene hacer la velocidad final que alcanza una partícula cuando cae libremente a través de un fluido (aire), y las fuerzas que actúan sobre él se equilibran (fuerza de gravedad, fuerza de empuje y fuerza de arrastre). De igual manera, si la partícula es soplada con la velocidad final hacia arriba la partícula no se moverá, entonces la velocidad final puede ser tomada como la velocidad mínima para que las partículas de quinua puedan ser suspendidas en el aire.

Para una velocidad de operación mayor que la velocidad de arrastre por lo general se utiliza un factor de diseño de 1,5 la velocidad mínima de arrastre o la velocidad mínima: $V_{oper} = 1,5(V_\infty) = 1,5 \times 5,8713 = 8,80 \text{ m/s}$. La velocidad mínima de fluidización, calculada fue de $V_{min} = 0,3627 \text{ m/s}$. Este valor representa la velocidad mínima de fluidización o velocidad incipiente de fluidización de los granos de la quinua. Una vez que se ha alcanzado la velocidad mínima de fluidización, si se sigue incrementando el caudal de aire, el

sistema estará cada vez más vigorosamente fluidizado. Si se sigue aumentando este llegará un momento en que las partículas sean arrastradas por el aire, alcanzándose lo que se denomina velocidad terminal. Si se aumenta el flujo por encima de la velocidad terminal, tiene lugar el denominado arrastre o transporte neumático de partículas, dejando de existir el lecho fluidizado.

Ensayo experimental de popeo. Con la finalidad de determinar las condiciones de operación del proceso de popeo se llevaron a cabo experimentos a dos condiciones:

1. Popeado por método tradicional
2. Popeo innovado con arrastre de aire caliente con flujo continuo

Popeado por método convencional Este ensayo se realiza con la finalidad de analizar la calidad de popeado, y la vez identificar los problemas actuales que tiene la planta procesadora de quinua durante el proceso de popeado de quinua roja por el método convencional (popeado con horno rotatorio con calentamiento indirecto), considerando las siguientes condiciones de alimentación:

- Quinua roja semi-procesada (escorificado y lavado en seco con vapor sin saponina)
- Quinua roja sin pre-procesamiento con presencia de saponina

Para realizar este experimento se utilizó un recipiente que se calienta empleando una cocina de hornilla de gas de propano, regulando la temperatura de combustión de la llama de: $T = 250 \text{ }^\circ\text{C}$, $360 \text{ }^\circ\text{C}$ y $450 \text{ }^\circ\text{C}$. Los resultados de este experimento sirven para analizar el efecto de la presencia del pericarpio (Coraza de la quinua) en la calidad final del popeado, en cuanto al rendimiento de popeado y relación de expansión.

Se analizó el efecto de la temperatura en el índice de expansión y en el rendimiento del popeado, tanto para los granos de quinua semi procesada (escorificada y lavado con vapor en seco) y sin semi-procesar, respectivamente. De la Fig. 3 se observa que la relación del índice de expansión (RE) del popeado se incrementa a medida que la temperatura se incrementa para ambas muestras, lo que al mismo tiempo afecta directamente en el rendimiento del popeado (Fig. 4).

De la comparación de índice de expansión (Fig 3), se observa que la muestra de la quinua semi procesada presenta un índice de expansión menor respecto a la quinua no semi procesada. Este resultado es fundamental para el análisis del papel que cumple el pericarpio (carcasa) para causar la explosión del almidón gelatinizado de granos de quinua debido al incremento de la presión interna por la vaporización del contenido del agua por efecto de la temperatura. En el caso de los granos de quinua semi procesada, por efecto del escarificado y lavado se ha dañado el pericarpio, obteniendo una baja relación de expansión, que vario en el orden de 1,80 a 1,93, con relación al popeado de quinua sin procesar, cuya relación de expansión varia en el rango de 2,13 a 2,33, esta es la razón por que se obtiene un bajo eficiencia de recuperación de popeado, ocasionando casi un 40 % de perdida, lo que corrobora los datos de la empresa de exportadora de quinua.

Fig. 3. Relacion de expansion en funcion de temperatura

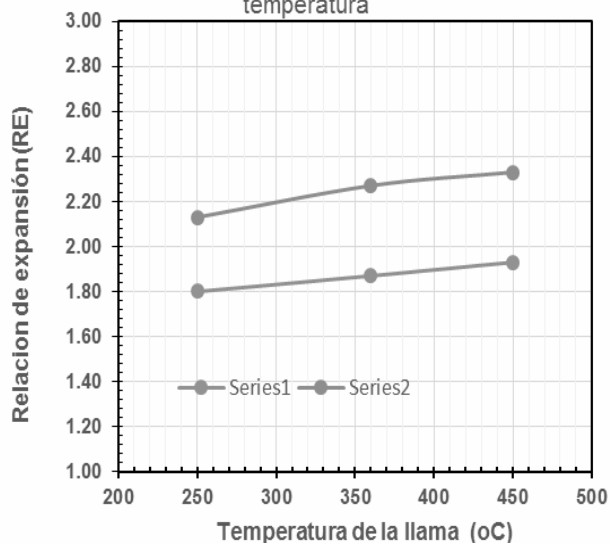
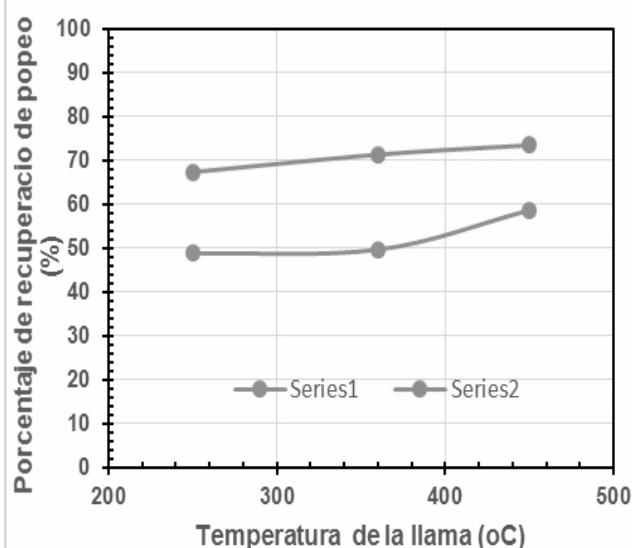


Fig. 4. Porcentaje de recuperacion de popeo



Popeo por el método innovado de transporte neumático con arrastre de aire caliente en flujo continuo

El transporte neumático de flujo continuo con arrastre de aire caliente se utilizó como método innovado de popeo de quinua roja. De acuerdo a los resultados presentados en el método convencional, se ha seleccionado la quinua roja sin pre-tratamiento, es decir, quinua sin escorificado y ni lavado en seco con vapor saturado, para estas condiciones, los granos de la quinua previamente seleccionado y limpio y con un contenido de humedad que varía en el rango de 11 a 13 % base húmeda se alimentaron a través del tornillo sin fin al popeado por transporte neumático. Para la evaluación del popeado se tomaron en consideración los siguientes parámetros:

- Relación de expansión
- Eficiencia del popeado
- Temperatura del popeado

La tabla 1 presenta los resultados de datos determinados para el proceso.

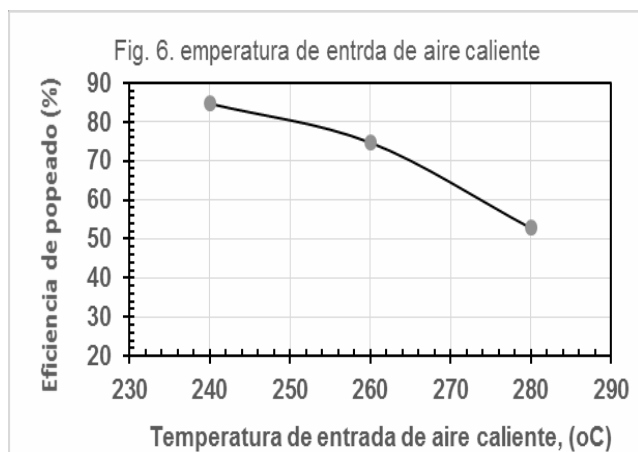
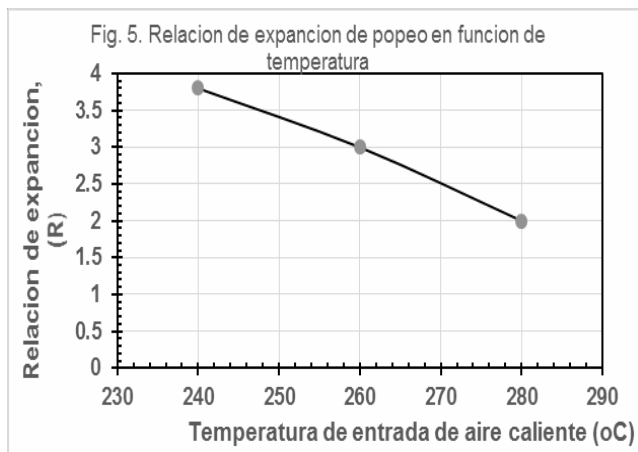
Tabla 1. Resultados de datos determinados para el proceso.

Descripción	Datos
Diámetro de tubería de vidrio	2 pulgadas OD
Longitud total de la tubería	3,0 metros
Presión de aire de la compresora	4,5 bar
Velocidad de aire a través de la tubería	4,8 m/s
Flujo de masa alimentado de quinua (g/s)	20,8 g/s

La tabla 2 resume los resultados del proceso de popeo a diferentes temperaturas de ingreso de aire caliente, visualizando estos resultados a través de las Figuras 5 y 6. De estos resultados se aprecia que se mejora la relación de expansión (Fig 5) y eficiencia de popeado (Fig. 6) a la temperatura de 240 °C, mayores a esta temperatura la relación de expansión y eficiencia de popeo disminuye.

Tabla 2. Popeado de quinua por el método innovado con arrastre de aire caliente.

No de Ensa	Condiciones de proceso					Características físicas de quinua roja			Caract. de popeo	
	Mo (g/s)	Vo (m/s)	P (Bar)	Tin. (°C)	Tout (°C)	ρ_{real} g/ml	ρ_{ap} g/ml	Porosid. (ϵ)	Relación Expans.	Rendim. popeado (%)
1	12,89	4,8	4,5	280	140	1,11	0,739	0,235	2,0	52,79
2	13,24	4,8	4,5	260	130	1,11	0,739	0,235	3,0	74,69
3	13,09	15	4,5	240	112	1,11	0,739	0,235	3,8	84,67



La figura 7 presenta la quinua roja popeada por los dos métodos. El método innovado presenta mayor tamaño de expansión y calidad uniforme respecto al método convencional. De resultados de ensayo se determina el perfil de temperatura optima de popeado se encuentra a la temperatura de 240 °C (entrada de aire caliente) y 112 °C, (salida de aire caliente). Por otro lado, no llego alcanzar la velocidad de arrastre de 8,8 m/s, logrando solo una velocidad de 4,8 m/s medido con un anemómetro, sin embargo, la quinua popeada es arrastrada a esta velocidad en vista que su densidad aparente disminuye grandemente por el estallido de almidón gelatinizada, por lo que se recomienda trabajar con velocidades de aire caliente menores a 5,0 m/s.

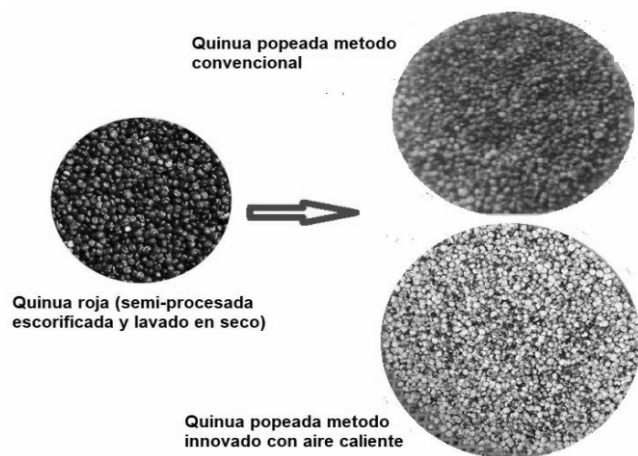


Figura. 7. comparación de popeado de quinua por el método convencional e método innovado.

Conclusiones

El popeo es un método de procesamiento simple y menos costoso que mejora las cualidades texturales y sensoriales de los granos de quinua roja mediante el empleo de aire caliente a través de un equipo modular diseñado y construido de tipo transporte neumático de flujo continuo.

La calidad del popeado en cuanto a sus propiedades físicas como relación de expansión y rendimiento de popeado se mejora empleado quinua roja semi-procesada (sin escorificado ni lavado en seco), de lo contrario origina la ruptura de pericarpio y no produce el estallido o el popeo del almidón gelatinizado debido a la evaporación y sobrecalentamiento de vapor de agua en el interior de los granos de quinua.

Para la quinua no semi-procesada, las propiedades físicas del popeado son bastante buenas respecto a la relación de expansión (mayor a 4 en comparación a 3 por el método convencional) y la eficiencia de popeado es alto por encima de 80 %, lo que minimiza la pérdida de granos de quinua no popeadas, estas condiciones se cumplen para el rango de temperatura de aire caliente entre 240 °C (entrada) y 112 °C (salida de aire caliente). Por el método convencional se tiene una pérdida de 40 % de quinua no popeada.

El popeo con tecnología innovada tiene un gran potencial de mercado como producto de salud de valor agregado, ya que las necesidades de los consumidores están cambiando hacia alimentos convenientes y de fácil uso.

AGRADECIMIENTO

A Alejandro Tineo Morote, por su colaboración en el presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arkhipov A, Becker C, Bergamo D, Demtchouk V, Freddo A, Kreider, E, Lee M, Montalbano J, Richards D, So E and Wang J (2005). Accessed from <http://depts.drew.edu/govsch1/NJGSS.2005/journal/TeamPaper/T3-popcorn.pdf>.

Agrodata, (2016), “*Quinua Perú Exportación Marzo (2016)*”, <http://www.agrodataperu.com/category/quinua-exportacion>.

Aleksandr A. et al, (2005), “*Popping under Pressure: The Physics of Popcorn*”, <https://pdfs.semanticscholar.org/693b/b80895c7327949ac9ced8fba98f5f3ec2b1b.pdf>

Costa Novela, et al (1985). “*Ingeniería Química: Flujo de fluidos*”, Edit. Alhambra, España

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), (2014), “*Tendencias y perspectivas del comercio internacional de quinua*”, Santiago de Chile.

Holm J, Bjorck I, Asp N G, Sjöberg L B and Lundquist I (1985). Starch availability in vitro and in vivo after flaking,

steam-cooking and popping of wheat. Journal of Cereal Science, 3(3), 193-206.

Iyota H. , Konishi Y , Inoue T , Yoshida K , Nishimura N Nomura T, (2014), "*Popping of Amaranth Seeds in Hot Air and Superheated Steam*", Drying technology: An International Journal .
<http://www.tandfonline.com/loi/ldrt20>.

Vilche C.; Gely M.; Santalla E. (2003), "Physical Properties of Quinoa Seeds", Biosystem Engineering. Volume 86, Issue 1, September 2003, Pages 59-65.

Vinita Sharma, P.S. Champawat and V.D.Mudgal (2014), "Process development for puffing of Sorghum", International Journal of Current Research and Academic review", ISSN: 2347-3215 Volume 2 Number 1 (January, 2014) pp. 164-170.

REMOCIÓN DE ARSÉNICO EN AGUAS PARA CONSUMO HUMANO EMPLEANDO ADSORBENTES A PARTIR DE CENIZAS DE EUCALIPTO Y CARBÓN MINERAL

León Pérez Chauca, Juan Quispe Cisneros

Unidad de Investigación e Innovación de Ingeniería Química y Metalurgia

Programa de Investigación en Procesos Industriales - Operaciones y Procesos Químicos

E-mail: leon.perez@unsch.edu.pe

RESUMEN

En el presente estudio se han utilizado cenizas de la combustión de carbón mineral y de eucalipto, las que se modificaron hidrotermicamente con solución de hidróxido de sodio 2 M, con la finalidad de incrementar su propiedad adsorbente. El área superficial por el método BET para las cenizas de carbón mineral modificado fue de 21.83 m²/g y de 15.60 m²/g para la ceniza de la combustión de eucalipto modificado. El agua de consumo humano utilizado en el presente estudio proviene del Centro Poblado de Santiago de Pischa-Huamanga; por ICP-POES se determinó la concentración inicial de arsénico en el agua el cual fue de 0.02440 ppm. Los ensayos de remoción se realizaron en sistemas batch; se removió 71.31 % de arsénico usando cenizas de la combustión de carbón mineral modificado (con concentración final arsénico de 0.0070 ppm) y de 63.11 % usando cenizas de la combustión de eucalipto modificado (con concentración final de arsénico de 0.0090 ppm). En ambos casos, se llegó a remover arsénico por debajo del valor establecido de 0.010 ppm de arsénico, según la legislación peruana dada en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano y el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el Agua.

Palabras clave: Arsénico, remoción, ceniza, eucalipto, carbón.

REMOVAL OF ARSENICO IN WATER FOR HUMAN CONSUMPTION USING ADSORBENTS FROM EUCALYPTUS AND MINERAL CARBON ASHES

ABSTRACT

In the present study, ashes from the combustion of mineral coal and eucalyptus have been used, which were hydrothermally modified with 2 M sodium hydroxide solution, in order to increase their adsorbent property. The surface area by the BET method for the modified mineral coal ashes was 21.83 m² / g and 15.60 m² / g for the combustion ash of modified eucalyptus. The water used for human consumption in the present study comes from the Centro Poblado de Santiago de Pischa-Huamanga; the initial concentration of arsenic in the water was determined by ICP-POES which was 0.02440 ppm. Removal tests were performed on batch systems; 71.31% of arsenic was removed using combustion ashes of modified mineral coal (with final arsenic concentration of 0.0070 ppm) and 63.11% using combustion ashes of modified eucalyptus (with final arsenic concentration of 0.0090 ppm). In both cases, arsenic was removed below the established value of 0.010 ppm of arsenic, according to Peruvian legislation given in Supreme Decree No. 031-2010-SA, Water Quality Regulation for Human Consumption and Supreme Decree No. ° 004-2017-MINAM, Environmental Quality Standards (ECA) for Water.

Keywords: Arsenic, removal, ash, eucalyptus, coal.

INTRODUCCIÓN

El arsénico, tanto en su forma orgánica como inorgánica, es un elemento tóxico a la salud humana que persiste en el ambiente como resultado de contaminación natural y antrópica. En muchos lugares del mundo se han detectado valores muy por encima de 0.010 ppm de arsénico en agua para consumo humano.

La reducción de los niveles de arsénico en aguas de consumo humano representa uno de los retos ambientales prioritarios a nivel mundial.

En la región de Ayacucho, se utiliza comúnmente como fuentes energéticas carbón mineral en las ladrilleras, y leña de eucalipto para uso doméstico en cocina y en panaderías artesanales. Las cenizas sólidas de estas actividades pertenecen a un género de contaminantes sólidos. Las

cenizas en fase sólida es uno de los subproductos de la combustión de estas fuentes energéticas, los cuales no tienen aplicación alguna,

En el presente trabajo tiene como objetivo utilizar como materia las cenizas de la combustión del carbón mineral y de eucalipto, previa modificación hidrotermicamente con hidróxido de sodio 2 M, para evaluar la remoción de arsénico en agua para consumo humano en la región de Ayacucho.

MATERIAL Y MÉTODOS

Metodología

El presente trabajo se caracteriza por ser experimental, aplicativo con intervención y comparativo, se realizó en el periodo 2018 en los ambientes del Laboratorio de Fisicoquímica de la Facultad de Ingeniería Química y

Metalurgia. Las muestras de cenizas son obtenidas como subproducto del proceso de combustión del carbón mineral en las ladrilleras en la localidad de Compañía y de la combustión de eucalipto como leña de uso doméstico, las que previamente se acondicionaran, por separación granulométrica usando mallas de diferentes dimensiones de diámetro, lavadas y secadas, para luego ser sometidas a un tratamiento hidrotérmico alcalino con soluciones de hidróxido de sodio 2 M, donde se trataron para cada ensayo con 30 g de cenizas previamente tratadas, en cada uno de ellos se adicionan 60 mL de hidróxido de sodio 2 M (relación 01:2). Los adsorbentes preparados (cenizas modificadas con solución de hidróxido de sodio 2 M) se caracterizarán tanto en su textura y composición química antes y después de su tratamiento, por la técnica de difracción de rayos X, así mismo se determinaron su área BET. Finalmente se evaluó la capacidad de adsorción en la remoción de arsénico en agua para consumo humano. Se evaluaron dos factores, masa de adsorbente y tiempo de remoción en un diseño factorial del tipo 32 y como variable respuesta se obtuvo el porcentaje de remoción de arsénico. El sistema de remoción consta de una plancha eléctrica con sistema de agitación con pastillas magnéticas y vasos de precipitado de vidrio pirex de 200 mL de capacidad. En la tabla 1 y 2 se indican los factores y

combinaciones experimentales desarrollados según el diseño factorial, el primero para las cenizas modificadas de la combustión del carbón mineral y el segundo para las cenizas modificadas de la combustión de eucalipto.

RESULTADOS

1. Análisis estructural-DRX.

Este análisis se llevó a cabo en un difractómetro marca Rigaku, tipo Miniflex, mediante radiación de cobre ($\text{CuK}\alpha$) a 40 Kv y 30 mA y un barrido de $2^\circ/\text{minuto}$, todas las muestras han sido irradiadas con tubo de cobre y la longitud de onda fue de 1.5406 nm, las longitudes de onda varían de acuerdo al tipo de tubo que se utilice en la irradiación.

En las figuras 1 y 2 se muestran los difractogramas de la ceniza de la combustión mineral en la condición inicial y la modificada con hidróxido de sodio 2 M.

En los dos difractogramas se visualiza picos típicos muy pronunciados con características de fase de 20 igual a 27° .

Tabla 1. Factores a evaluar en la remoción de arsénico usando ceniza modificada de la combustión de carbón mineral.

Muestras	Masa de CCM-2 M (g)	Tiempo de remoción (min)
CCM-1	0.75	45
CCM-2	0.50	45
CCM-3	0.25	45
CCM-4	0.50	60
CCM-5	0.25	60
CCM-6	0.50	30
CCM-7	0.25	30
CCM-8	0.75	60
CCM-9	0.75	30

Tabla 2. Factores a evaluar en la remoción de arsénico usando ceniza modificada de la combustión de eucalipto.

Muestras	Masa de CCV-2 M (g)	Tiempo de remoción (min)
CCV-1	0.50	45
CCV-2	0.25	45
CCV-3	0.75	30
CCV-4	0.75	60
CCV-5	0.25	30
CCV-6	0.50	30
CCV-7	0.50	60
CCV-8	0.75	45
CCV-9	0.25	60

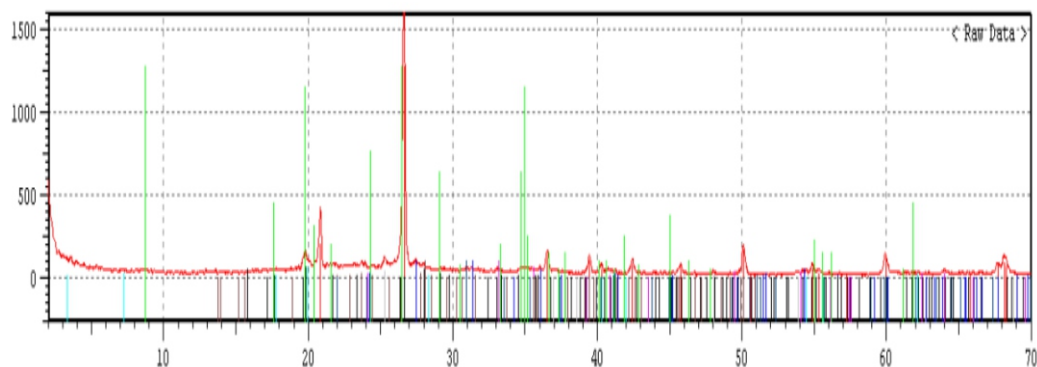


Figura 1. Difractograma de la ceniza de la combustión de carbón mineral en la condición inicial (**CCM**).

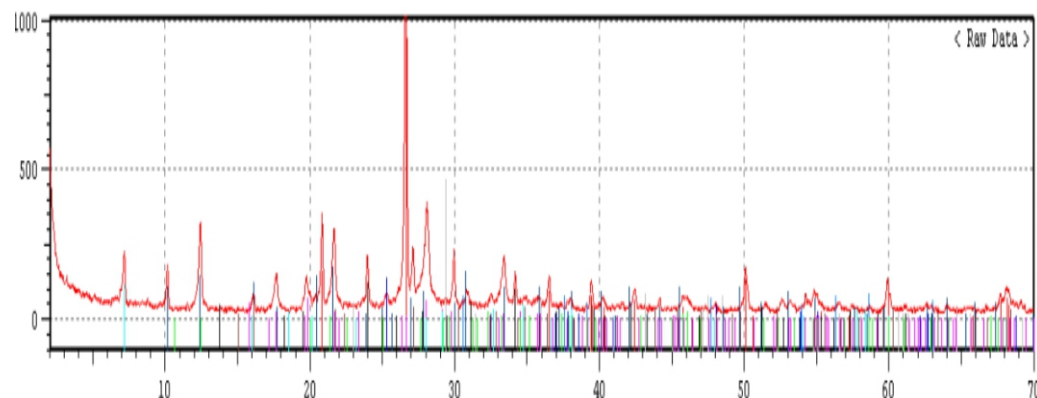


Figura 2. Difractograma de la ceniza de la combustión de carbón mineral modificada (**CCM-2 M**) con NaOH 2 M.

En las figuras 3 y 4 se muestran los difractogramas de la ceniza de la combustión del eucalipto en la condición inicial

y modificada con solución de hidróxido de sodio 2 M.

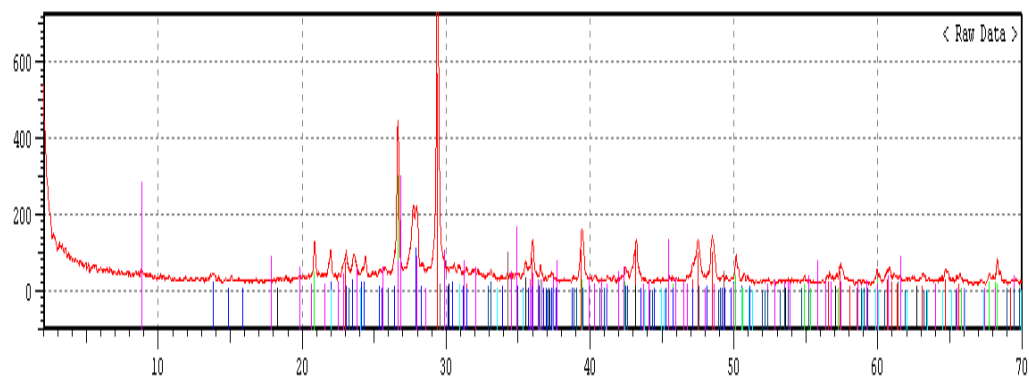


Figura 3. Difractograma de la ceniza de la combustión de eucalipto en la condición inicial (**CCV**).

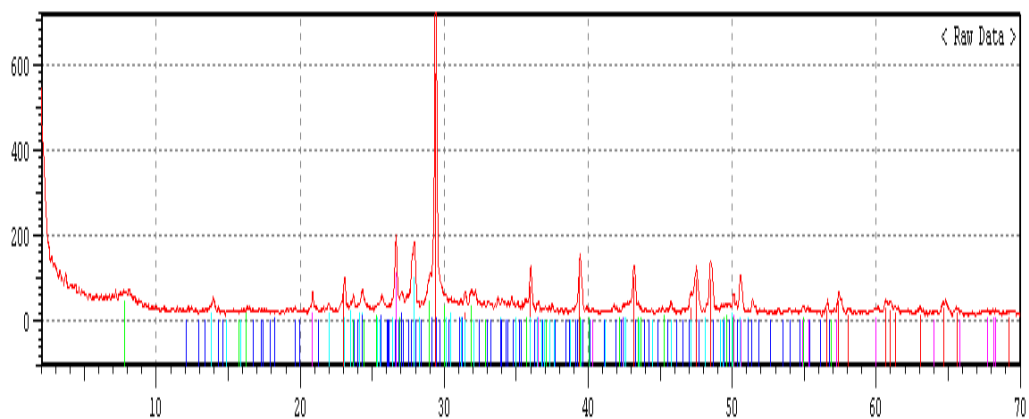


Figura 4. Difractograma de la ceniza de la combustión de eucalipto modificada (**CCV-2 M** con NaOH 2 M).

De acuerdo a los difractograma dados en las figuras 3 y 4 de las muestras de ceniza de eucalipto inicial y modificada con NaOH 2 M, en ambos casos presentan una fase típica de 2θ igual a $29,40^\circ$.

2. Área BET

El área BET se calculó en el rango de presiones P/P_s entre $<0,05$ a $0,33>$ correspondiente a la adsorción de una monocapa. Los puntos de equilibrio se midieron siguiendo el programa GAS MICROMERITICS con un total de 34 puntos y con un tiempo de equilibrio en cada punto de 7 s. Previo a la adsorción, las muestras fueron desgasificadas al vacío durante 2 h a 150°C con el propósito de eliminar el agua y las impurezas superficiales.

La muestra de ceniza de carbón mineral modificada con NaOH 2 M tiene como área BET de $21,83\text{ m}^2/\text{g}$. En la figura 5 se visualiza la isoterma de adsorción de la ceniza modificada con 2 M, curva que corresponde a la clasificación de isoterma del tipo IV, que según el tipo de isoterma presenta una superficie micro mesoporosa.

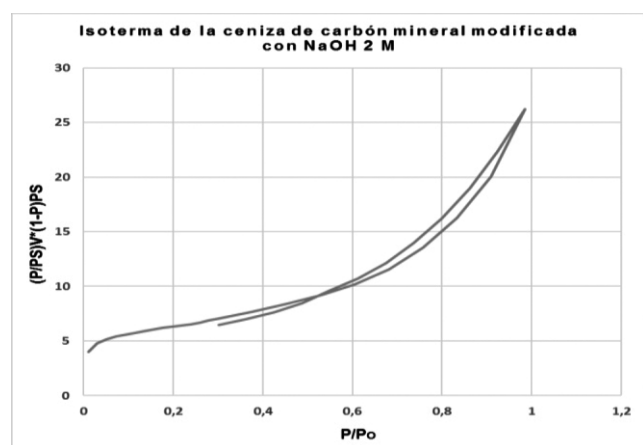


Figura 5. Isotherma de adsorción de la ceniza de la combustión de carbón mineral modificada con NaOH 2 M (CCM-2 M).

La muestra de ceniza de eucalipto modificada con NaOH 2 M presenta un área BET de $15,60\text{ m}^2/\text{g}$. En la figura 6 se visualiza la isoterma de adsorción de la ceniza modificada

con solución de 2 M, curva que corresponde a la clasificación de isoterma del tipo IV, con superficie micro mesoporosa.

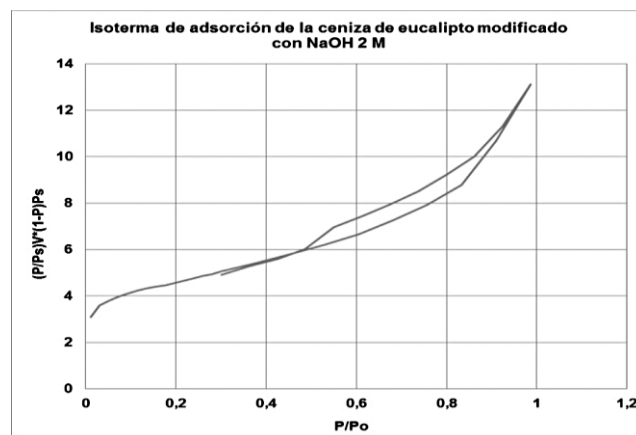


Figura 6. Isotherma de adsorción de la ceniza de la combustión de eucalipto modificada con NaOH 2 M (CCV-2 M).

3. Remoción de arsénico

Las variables bloqueadas para la remoción de arsénico usando los dos tipos de cenizas modificadas fueron:

- Agitación de la remoción arsénico : 300 rpm.
- Volumen de agua de consumo humano : 150 mL.
- Concentración inicial de Arsénico : 0.02440 ppm
- Temperatura de remoción : ambiente (20°C)

En las tablas 3 y 4 se reportan los resultados de la remoción de arsénico usando las cenizas modificadas de la combustión del carbón mineral (CCM-2 M) y de eucalipto (CCV-2 M), respectivamente. La cuantificación de la concentración de arsénico se realizó mediante el equipo ICP-Óptico modelo THERMO FISHER SCIENTIFIC 6500 DUO, con las siguientes condiciones de operación: temperatura de cámara de $-46 \pm 2^\circ\text{C}$, temperatura de la óptica de $38 \pm 1^\circ\text{C}$ y presión mínimo de gas Ar de 80 psi.

En las figuras 7 y 8 se reportan en forma gráfica los resultados de la remoción de arsénico usando las cenizas modificadas de la combustión del carbón mineral (CCM-2 M) y de eucalipto (CCV-2 M), respectivamente.

Tabla 3. Resultados de la remoción de arsénico usando ceniza modificada de la combustión de carbón mineral (CCM-2 M).

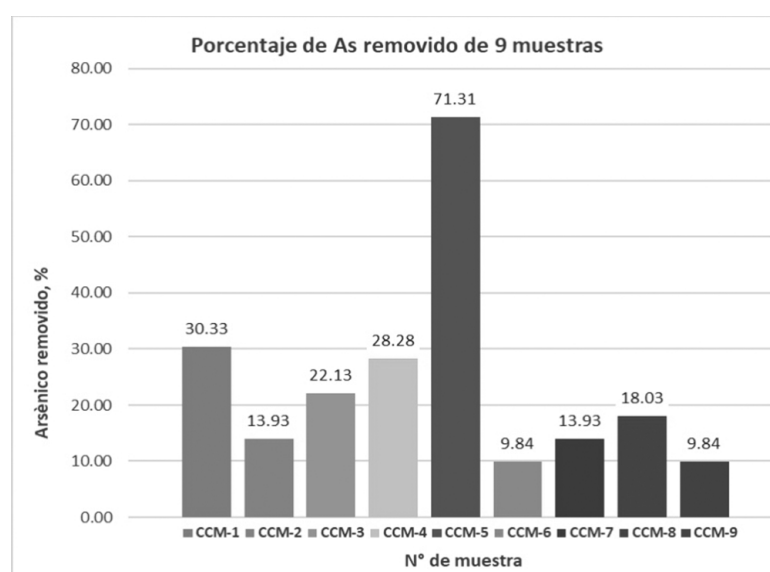
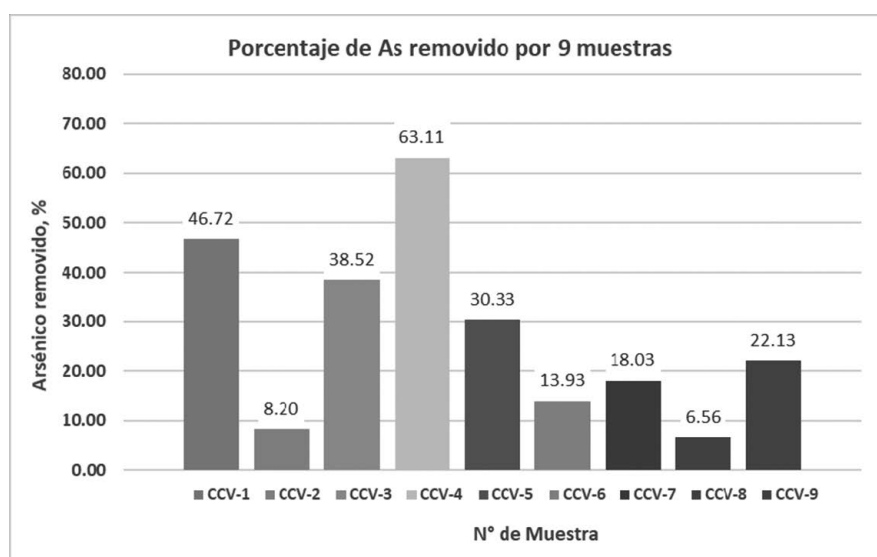
Muestras	[As] inicial (ppm)	[As] final (ppm)	[As] removido (ppm)	% de [As] removido
CCM-1	0.0244	0.0170	0.0074	30.33
CCM-2	0.0244	0.0210	0.0034	13.93
CCM-3	0.0244	0.0190	0.0054	22.13
CCM-4	0.0244	0.0175	0.0069	28.28
CCM-5	0.0244	0.0070	0.0174	71.31
CCM-6	0.0244	0.0220	0.0024	9.84
CCM-7	0.0244	0.0210	0.0034	13.93
CCM-8	0.0244	0.0200	0.0044	18.03
CCM-9	0.0244	0.0220	0.0024	9.84

Fuente: Elaboración propia-2018.

Tabla 4. Resultados de la remoción de arsénico usando ceniza modificada de la combustión de eucalipto (**CCV-2 M**).

Muestras	[As] inicial (ppm)	[As] final (ppm)	[As] removido (ppm)	% de [As] removido
CCV-1	0.0244	0.0130	0.0114	46.72
CCV-2	0.0244	0.0224	0.0020	8.20
CCV-3	0.0244	0.0150	0.0094	38.52
CCV-4	0.0244	0.0090	0.0154	63.11
CCV-5	0.0244	0.0170	0.0074	30.33
CCV-6	0.0244	0.0210	0.0034	13.93
CCV-7	0.0244	0.0200	0.0044	18.03
CCV-8	0.0244	0.0228	0.0016	6.56
CCV-9	0.0244	0.0190	0.0054	22.13

Fuente: Elaboración propia-2018

Figura 7. Porcentaje de remoción de As usando ceniza de la combustión de carbón mineral modificada) con NaOH 2 M (**CCM-2 M**).Figura 8. Porcentaje de remoción de As usando ceniza de la combustión de eucalipto modificada con NaOH 2 M (**CCV-2 M**).

De acuerdo a los resultados dados en la tabla, la muestra N° 05 (**CCM-5**) presenta el mayor valor de remoción de arsénico, siendo de **71.31 %**, con una concentración final de arsénico de **0.0070 ppm**.

Así mismo en la tabla 4, se visualiza que la muestra N° 04 (**CCV-4**) presenta remoción de arsénico de **63.11 %**, con una concentración final de arsénico de **0.0090 ppm**.

Por tanto, usando las cenizas modificadas proveniente de la combustión del carbón mineral y de eucalipto, en ambos casos los grados de remoción de arsénico son de 71.31 y 63.11% respectivamente, se concluye que el proceso de remoción ha permitido bajar las concentraciones por debajo de **0.010 ppm de arsénico**, según lo establecido en la Legislación Peruana como es en el Decreto Supremo N° 031-2010- SA referido al Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano y el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el Agua.

AGRADECIMIENTO

Muy especial a Palermo Carrasco Guerrero (INGEMMET-Lima) especialista en difracción de rayos X, por el apoyo desinteresado en los análisis de difracción de rayos X, y composición química de los dos tipos de cenizas, al Dr. Gino PICASSO docente de la Escuela de Química de la Universidad Nacional de Ingeniería por la determinación del área de las muestras de cenizas modificadas.

A las Ingenieras Marilyn Martínez Rojas y a Esperanza Rúa por la gentileza en el apoyo en los análisis químicos de arsénico de las muestras de agua usando ICP-POES.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ball David W. "Fisicoquímica" Primera Edición. Editorial International Thomson Editores. México. 2004 pp 783-788.

Ccencho Mercado, Susan. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero ambiental: "Uso de biomasa seca (*cáscara de plátano*) como bioadsorbente de Arsénico en agua subterránea, Cruz del Médano, Mórrope, Lambayeque, a nivel laboratorio - 2018". Universidad Cesar Vallejo Facultad de Ingeniería Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Trujillo-Perú. 2018.

Chávez Quijada Mary Luz y Miglio Toledo María. Remoción de Arsénico por Oxidación Solar en Aguas para Consumo Humano. Rev. Soc. Quím. Perú. 77 (4) 307-314. 2011.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Arsénico en agua. Informe final. 2018

Farro Pérez N., Reyes Lázaro W., Díaz Camacho J., Mendoza Bobadilla J., Chuquimango Infantes B. y Araujo Yaipén C. Influencia de la proporción de hidróxido de sodio a cenizas volantes en la obtención de zeolitas para purificar efluentes acuosos contaminados con metales pesados.

"Ciencia y Tecnología", AÑO 11, N° 3, 2015, 127-140.

Flores Erasmo, Aurora Armienta, Silvia Micete y María R. Valladares. Tratamiento de Agua para Consumo Humano con Alto Contenido de Arsénico: Estudio de un Caso en Zimapán Hidalgo-México Información Tecnológica 2009. Vol. 20(4), 85-93.

Gutiérrez Pulido, Humberto. Diseños experimentales. Primera Edición. México. 2004.

Joseph W. Leonard, III. (1991). Coal Preparation, Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Port City Press, Inc. Batimore Maryland.

Mejía Flérida-Zamudio Jesús L. Valenzuela-García, Salvador Aguayo-Salinas¹ y Diana Meza-Figueroa. Adsorción de Arsénico en Zeolita Natural Pretratada con Óxidos de Magnesio. Rev. Int. Contam. Ambient. 2009. 25 (4) 217-227.

Rios Elizalde, Paola Elizabeth. Tesis "Cinética de Bioadsorción de Arsénico Utilizando Cáscara de Banano Maduro en Polvo" Trabajo de Titulación en Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad de Machala-Ecuador. 2014.

Singer Arie and Berggaut Vadim, "Cation Exchange properties of hidrothermal treated coal ceniza volante". Envirn Sci. Technol. 1995, Vol. 29, pp. 1748-1753.

Velarde Apaza, Leslie Diana. Tesis Maestría: "Remoción de Arsénico (V) en Medio Acuoso Utilizando Sillar Revestido con Óxidos de Hierro" Universidad Católica de Santa María. Escuela de Postgrado Maestría en Química del Medio Ambiente. Arequipa-Perú. 2016.

Soto Parrera Kimberly Alexandra. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental: "Efecto del carbón activado de la *theobroma cacao* en la adsorción de hierro del agua del río Moche. Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional De Ingeniería Ambiental. Trujillo-Perú. 2017".

EFFECTO DEL ULTRASONIDO Y TAMAÑO DE PARTÍCULAS EN LA EXTRACCIÓN DE LA OLEORRESINA A PARTIR DE CÚRCUMA (*Curcuma longa* L.)

Juan Ponce Ramírez

Unidad de Investigación e Innovación de Ingeniería Química y Metalurgia
Programa de Investigación en Procesos Industriales - Área de Procesos Alimentarios y Agroindustriales
E-mail: carlosponcerra@hotmail.com

RESUMEN

Actualmente existe el problema del bajo rendimiento de extracción en oleorresinas, así como los procesos tradicionales de extracción genera la pérdida del color en el proceso de extracción de oleorresina a partir de cúrcuma, lo que representa una de las causas de deterioro de la calidad. El **objetivo** de la investigación fue determinar el efecto del ultrasonido y tamaño de las partículas en la mejora del proceso de extracción de la oleorresina a partir de cúrcuma (*Curcuma longa* L.). En **materiales y métodos** se caracterizó a los rizomas de palillo procedente de la localidad de Tutumbaru (1770 msnm) y se evaluó el ultrasonido (30 y 50 w) y tamaño de partícula (30, 60 y 100 US). En **resultados** se caracterizó al palillo, determinando la humedad 82,76 g, proteínas 2,75%, grasa 0,09 g y cenizas 2,12 g; siendo estos valores ligeramente inferiores al 83,80 g de humedad y al 0,10 g de grasa reportados por (Ríos et al, 2009; Philco, 2017). Se determinó el efecto del ultrasonido y tamaño de partícula los cuales mejoraron el proceso de extracción, resultando con el mayor rendimiento de extracción el tratamiento T4 (27,20%), siendo superior al 26% obtenido por (Torres, et al., 2014), esto se basa en el efecto de cavitación que acelera los procesos hidrodinámicos de extracción (Ulloa et al, 2013). En la evaluación de la variación del color (ΔE), el tratamiento T4 (ΔE :3,71) presentó la menor variación, mejorando su calidad comercial. **Conclusiones:** el empleo de ultrasonido y el tamaño de partículas hacen más eficiente la extracción de la curcumina a partir de palillo.

Palabras clave: Ultrasonido, oleorresina, curcumina.

EFFECT OF ULTRASOUND AND PARTICLE SIZE ON THE EXTRACTION OF OLEORESIN FROM TURMERIC (*Curcuma longa* L.)

ABSTRACT

There is currently the problem of low extraction performance in oleoresins, as well as the traditional extraction processes generates the loss of color in the oleoresin extraction process from turmeric, which represents one of the causes of quality deterioration. The objective of the investigation was to determine the effect of ultrasound and particle size in improving the process of extracting oleoresin from turmeric (*Curcuma longa* L.). In materials and methods the rhizomes of stick from the locality of Tutumbaru (1770 masl) were characterized and the ultrasound (30 and 50 w) and particle size (30, 60 and 100 US) were evaluated. In results the stick was characterized, determining the humidity 82.76 g, proteins 2.75%, fat 0.09 g and ashes 2.12 g; these values being slightly lower than 83.80 g of humidity and 0.10 g of fat reported by (Ríos et al, 2009; Philco, 2017). The effect of ultrasound and particle size were determined, which improved the extraction process, resulting in the highest extraction performance of the T4 treatment (27.20%), being greater than the 26% obtained by (Torres, et al., 2014), this is based on the cavitation effect that accelerates hydrodynamic extraction processes (Ulloa et al, 2013). In the evaluation of the color variation (ΔE), the T4 treatment (ΔE : 3.71) presented the least variation, improving its commercial quality. Conclusions: the use of ultrasound and particle size make the extraction of curcumin from stick more efficient.

Keyword: Ultrasound, oleoresin, curcumin.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en el VRAEM existe una buena producción de cúrcuma considerada como especies para utilizarlo en la culinaria peruana, por lo que representa una alternativa para poder obtener oleorresina el cual es muy solicitado en el mercado nacional e internacional.

Las oleorresinas de especies son obtenidas por extracción con solventes de especias molidas seguidas de una separación total del solvente utilizado. Las oleorresinas mantienen los factores de calidad de las especias como el aroma, picor e incluso color.

La curcumina, principal pigmento colorante cuyo nombre sistemático es 1,7-bis (4-hidroxí-3-metoxifenil)-1,6-

heptadien-3,5-diona, ha ganado importancia por sus prometedoras potencialidades biológicas para tratar el cáncer y otras enfermedades (Lim et al, 2001). Son utilizadas para estandarizar el color y picor de un producto. Son utilizadas ampliamente en salsas, embutidos, confitería, etc. Son utilizadas para enfatizar el sabor de un producto.

Sin embargo existe el problema que actualmente se tiene un bajo rendimiento de extracción, así como estos procesos de extracción genera la pérdida del color en el proceso de extracción de oleorresina a partir de cúrcuma, lo que representa una de las causas de deterioro de la calidad. Ante este problema la investigación propone como objetivo determinar el efecto del ultrasonido y tamaño de las partículas en la mejora del proceso de extracción de la oleorresina a partir de cúrcuma (*Curcuma longa* L.). De esta

manera se mejorara la calidad de la oleorresina obteniendo un mejor rendimiento y menor diferencia del color.

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Tipo y Nivel de Investigación

Tipo : Aplicada.
Nivel : Explicativa experimental.

2.2. Lugar y Fecha de Ejecución

Se realizó en Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, en el Laboratorio de Análisis de Alimentos y el Centro Experimental de Frutas y Hortalizas de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, del 01 de abril al 30 de setiembre del 2018.

2.3. Población, Nuestra y Unidad de Análisis

a. Población

Oleorresina a partir de palillo (*Cúrcuma longa*).

b. Muestra

Oleorresina a partir de palillo (*Cúrcuma longa*) con ultrasonido.

c. Unidad de análisis

Oleorresina a partir de palillo (*Cúrcuma longa*) con ultrasonido.

La toma de muestra se realizó del 01 de mayo al 30 de setiembre, en el laboratorio de análisis de Alimentos de la FIQM.

2.4. Variables e Indicadores

Variable Dependiente:

Y1 = Calidad de la oleoresina.

Indicadores:

Y1 = % de curcumina

Y1 = ΔE .

Variable Independiente:

X1= Ultrasonido

X2= Tamaño de partícula

Indicadores:

X1 = 30 y 50 Watts.

X2 = 30, 60 y 100 US.

2.5. Diseño Metodológico

2.5.1. Composición proximal

A los rizomas frescos de palillo, procedente de Tutumbaru, departamento de Ayacucho, se les realizó los siguientes análisis: La humedad se determinó con el método oficial AOAC 950.46, de estufa (AOAC, 2007); La proteína con el método oficial AOAC 981.10 (AOAC, 2007), La grasa con el método de Soxhlet método de la A.O.A.C (2007), y las cenizas con el método oficial AOAC 920.153, método de calcinación en mufla (AOAC, 2007).

2.5.2. Obtención de harina de cúrcuma

Los rizomas de cúrcuma (*Curcuma longa*) se recolectaron aleatoriamente de cultivos de la localidad de Tutumbaru. Las muestras fueron sometidas a un pelado químico en solución de NaOH al 6% a 93 ° C x 20 segundos, secada a 50 ± 1 °C en estufa Memmert, con circulación forzada hasta una humedad del 11,5%, recomendado por (Philco, 2017).

Posteriormente, los rizomas de palillo fueron pulverizados empleando un molino de martillos y fueron clasificados con un tamiz malla 30, 60, 100 US. Las muestras molidas y secas fueron almacenadas en una desecadora durante la realización de los ensayos programados.

2.5.3. Extracción de la oleorresina

Se tomaron 2,0 ± 0,1g de las muestras molidas y secas de palillo con 20 mL de disolvente (etanol absoluto 96%) en matraces de 100 mL. Las muestras acondicionadas fueron sometidas a baños de ultrasonido en un equipo de ultrasonido UP100H –Hielscher y a 450 rpm de agitación en un equipo Fischer ISO TEMP, modelo 11-102-49SH.

En la tabla 2.1, se resume los tratamientos a generarse en el trabajo de investigación.

Tabla 2.1. Tratamientos experimentales, según el DCA.

Pot. ultrasonido (W)	Tamaño partícula (US)	Tratamientos
30	30	T1 (30 w, 30 US)
	60	T2 (30 w, 60 US)
	100	T3 (30 w, 100 US)
50	30	T4 (50 w, 30 US)
	60	T5 (50 w, 60 US)
	100	T6 (50 w, 100 US)

2.5.4. Evaluación de la oleorresina

El contenido de oleorresina se determinó por la absorbancia se midió con un espectro colorímetro (Espectrofotómetro SPECTROSCAN 50 V.) en una longitud de onda de 425 nm, se determinó por triplicado en cada muestra.

a. Rendimiento de la oleorresina

El rendimiento de extracción se determinó pesando una placa Petri y luego fue agregado 20 ml de extracto filtrado. Posteriormente la placa Petri con el extracto fue llevada a estufa a 60°C durante 48 h. Después del periodo de tiempo y de verificar que el peso estuviera constante y que el solvente se hubiera evaporado en su totalidad. El rendimiento se determinó usando la ecuación (α).

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{masa de extracto}}{\text{masa de materia prima}} \times 100$$

La masa de extracto fue determinada usando la ecuación (β):

$$\text{masa de extracto} = ((W \text{ placa petri} + \text{extracto seco}) - (W \text{ placa petri})) \times 20$$

b. Variación del color de la oleoresina

El color se determinó por medición con el Colorímetro CR 400 (Minolta Camera Co., modelo CR 400, Osaka, Japón), de acuerdo con la “Comisión internacional de l'elclairage (CIE)”. El dispositivo utiliza la escala CIELAB para medir $L^*a^*b^*$, de acuerdo con (Pathare, et al., 2013). El parámetro evaluado fue la diferencia de color total (ΔE), como se muestra en la ecuación (α). Se realizaron cinco mediciones repetidas y se promediaron los resultados.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \dots (\alpha)$$

Donde ΔE es la diferencia de color total. L^* es la claridad, que indica qué tan clara u oscura es la oleoresina, desde 0 (negro) hasta 100 (difusor reflector perfecto). El parámetro a^* muestra el espectro rojo-verde con un rango de -60 (verde) a +60 (rojo). El parámetro b^* espectro amarillo-azul con un rango de -60 (azul) a +60 (amarillo). El subíndice 0 se refiere a las muestras de cúrcuma seca. (Chen y Ramaswamy, 2002).

2.5.5. Operacionalización de Variables

Se tratará de establecer el grado de correlación que existe entre las variables independiente y dependiente. Para el caso de la variable independiente, se medirán las variables de ultrasonido, y tamaño de partículas. Para la variable dependiente se medirá la calidad de la oleoresina como rendimiento y variación del color (ΔE).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización químico proximal y física

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.1. y en la tabla 3.2.

Tabla 3.1. Análisis químico proximal de los rizomas de palillo (100 g).

Características	Unid.	Valor	DS
Humedad	g	82,76	± 0,190
Proteínas	g	2,75	± 0,035
Grasa	g	0,09	± 0,006
Fibra	g	0,85	± 0,006
cenizas	g	2,12	± 0,010
Carbohidratos	g	11,44	± 0,216

Los resultados obtenidos de la tabla 3.1 fueron: contenido de humedad (82,76 g), el contenido de carbohidratos (11,44 g) y el contenido de proteína (2,75 g).

Los resultados de humedad y grasa resultaron ligeramente inferiores al 83,80 g de humedad, al 0,10 g de grasa y

superior al 10,45 g de carbohidratos reportados por (Philco, 2017; González-Albadalejo *et al*, 2015). El contenido de ceniza (2,12 g) fue menor al obtenido por (González-Albadalejo *et al*, 2015).

Tabla 3.2. Análisis físico de los rizomas de palillo.

Características	Unid.	Valor	DS
Longitud	cm	5,45	0,211
Diámetro longitudinal	cm	1,43	0,047
Peso	g	44,78	0,105

Los resultados físicos reportados en la tabla 3.2 fueron inferiores a los reportados por (Philco, 2017), indicándonos que los rizomas de palillo utilizados son más pequeños. Sin embargo se encuentra dentro del rango de 20 -50 g reportado por (Montaño y Montes, 2004).



Figura 3.1. Rizomas de palillo (*Curcuma longa* L.).

3.2 Evaluación de las variables en estudio

Para la evaluación de las variables de estudio de la tabla 2.1, se realizó los siguientes pasos:

3.2.1. Obtención de la harina de palillo

Para obtener una harina de palillo de buena calidad y rendimiento, los rizomas de palillo (*Curcuma longa* Linneo) fueron sometidos a una limpieza de la tierra adherida a los rizomas, luego lavados con agua limpia, desinfectados con una solución clorada al 5 ppm, oreados, pelado químico (Solución NaOH al 6% x 20 segundos), cortados en hojuelas, secados a 60°C x 9 horas hasta alcanzar una humedad entre el 10-11,50%, luego fueron sometidos a una molienda obteniendo una harina con una granulometría de 0,33 mm en promedio y un rendimiento de 18,24%, ligeramente superior al 15% obtenido por (Philco, 2017), lo cual se fundamenta por el menor contenido de humedad de los rizomas de palillo fresco (González-Albadalejo *et al*, 2015).

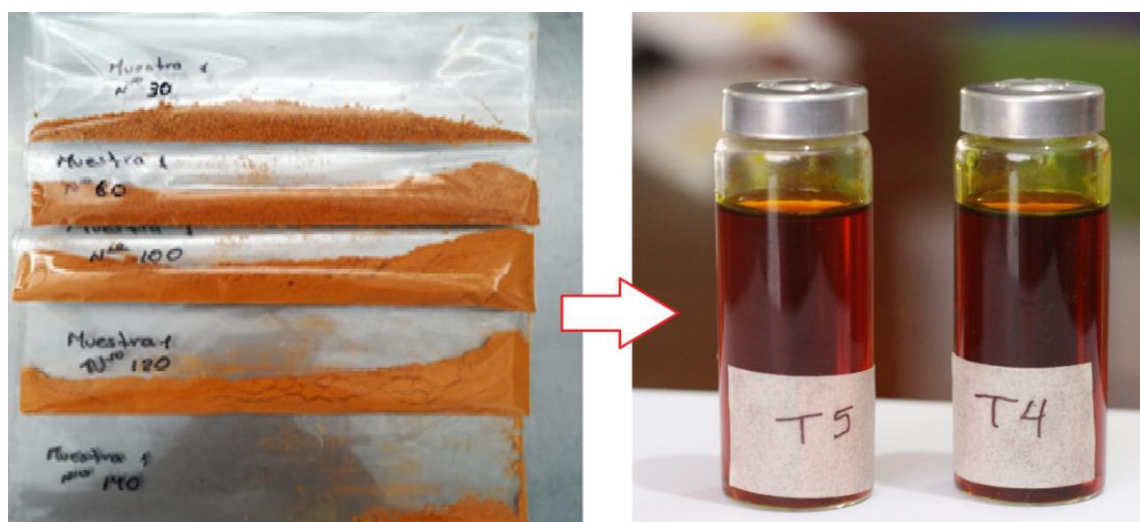


Figura 3.2: Harina de rizomas de palillo y olerresina.

3.2.2 Extracción de la oleorresina de los rizomas de palillo

A partir de las dos variables independientes: Potencia de ultrasonido (X1) y Tamaño de partículas (X2), se generaron 06 tratamientos, obteniéndose oleorresina a partir de los rizomas del palillo, presentando un color

amarillo intenso y homogéneo. En la tabla 3.3, se resume los resultados de los rendimientos de extracción de cúrcumina de los tratamientos en estudio.

Tabla 3.3. % de Oleorresina de cúrcumina obtenida en los tratamientos.

Pot. ultrasonido (watts)	Tamaño partícula (US)	Tratamientos	%C	SD
30	30	T1 (30 w, 30 US)	20.91%	0.01007
	60	T2 (30 w, 60 US)	18.88%	0.01014
	100	T3 (30 w, 100 US)	16.13%	0.01558
50	30	T4 (50 w, 30 US)	27.20%	0.00815
	60	T5 (50 w, 50 US)	22.97%	0.00390
	100	T6 (50 w, 70 US)	20.65%	0.00810

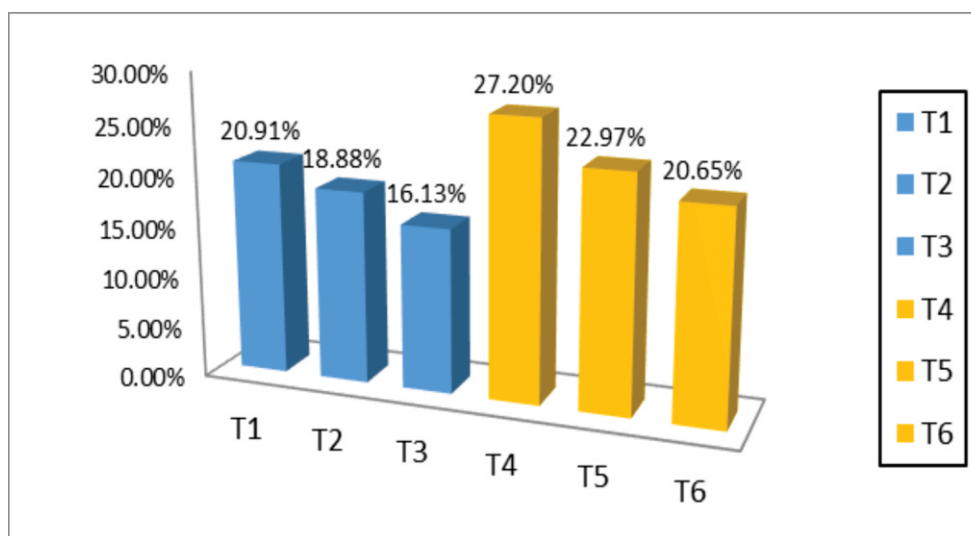


Figura 3.2. Variación de los % de oleorresina de cúrcumina obtenidos.

El resultado del tratamiento T4 (27,20%), resulto ser superior al 26% obtenido por (Torres, *et al.*, 2014), este

comportamiento se fundamenta en la cromatografía por columna empleada como método de purificación. Sin

embargo.

La eficiencia de método de extracción está asociada con el proceso de cavitación, en el que se forman burbujas que al descomponerse generan altas temperaturas en el seno del disolvente y a la vez se logra una eficiente agitación debido a

la vibración de las moléculas del disolvente, todo lo cual permite una mayor interacción de este último con la biomasa vegetal, con una incidencia positiva en el proceso de extracción de principios activos naturales. (Torres, *et al.*, 2014).

3.2.3 Evaluación del color de los rizomas de palillo

Los resultados obtenidos del color de los tratamientos se pueden observar en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Determinación del color en los tratamientos.

Tratam.	L	L0	a	a0	b	b0	ΔE
1	60,2	56,6	15,9	14,9	55,6	52,3	4,92
2	60,2	56,4	15,9	14,9	55,6	52,1	5,33
3	60,2	56,9	15,9	15,0	55,6	52,6	4,51
4	60,2	57,5	15,9	15,2	55,6	53,1	3,71
5	60,2	57,2	15,9	15,1	55,6	52,9	4,12
6	60,2	56,7	15,9	14,9	55,6	52,3	4,91

De acuerdo a los resultados de la tabla 3.4, podemos afirmar que el tamaño de las partículas es el factor que influye más en la variabilidad del color de los rizomas de palillo, es decir a mayor tamaño de las partículas, la variación del color característico de las oleorresinas tiende a disminuir.

Finalmente se determinó el efecto del ultrasonido y del tamaño de partícula el cual mejoro el proceso de extracción de oleorresina, determinando como mejor tratamiento el T4 (27,20%), seguido del T5 (22,97%), esto se basa en el efecto de cavitación que acelera los procesos hidrodinámicos de extracción (Ulloa et al, 2013). En la evaluación de la variación del color (ΔE), se determinó que el tratamiento T4 (ΔE:3,71) presenta menor variación, seguido del T5 (ΔE:4,12), mejorando la calidad comercial en comparación con oleorresinas de cúrcuma obtenidas sin utilizar ultrasonido. Este resultado nos muestra que variación del color es menor a los obtenidas por (Philco, 2017)

AGRADECIMIENTO

A Gerson Uriel Taype Mucha, por su colaboración.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

AOAC. (2007). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (18th ed.). Gaithersburg: Editorial William Horwitz.

Chen, C. R., & Ramaswamy, H. S. (2002). Color and texture change kinetics in ripening bananas. *Lebnsn-Wiss Technology*, 35(5), 415-419.

González-Albadalejo, J., Sanz D., Claramunt R., Lavandera J., Alkorta I., Elguero J. (2015). Curcumin and curcuminoids: chemistry, structural studies and biological

properties. *An Real Acad Farm* Vol. 81, N° 4 (2015), pp. 278-310.

Lim GP, Chu T, Yang F, Beech W, Frautschy SA, Cole GM. J.(2001). The curry spice curcumin reduces oxidative damage and amyloid pathology in an Alzheimer transgenic mouse. *Neurosci*. 2001;21(21):8370.

Montaño, C. y Montes, R. (2004). Evaluación sistémica de las potencialidades empresariales a partir de la cúrcuma longa en el departamento de caldas. (pregrado). Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

Pathare, P., Opara, U., Al-Julanda Al-Said, F. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology*. DOI:10.1007/s11947-012-0867-9.

Philco B.M. (2017). Determinación de parámetros óptimos de obtención de palillo (*Curcuma longa* linneo) en polvo en la provincia de San Martín. Tesis de grado. Universidad nacional de San Martín. Tarapoto. Perú. 119 pags.

Ríos V.E., Duque C.A., León R.D. (2009). Caracterización espectroscópica y cromatográfica de curcumina extraída de los rizomas de Cúrcuma (*cúrcuma longa* l.) Cultivada en el departamento del Quindío. *rev. invest. univ. quindío* (19): 18- 22. Armenia – Colombia.

Torres R., E., Guillén G.S., Hermosilla E.,R. Arias C.Q., Vogel, C., Almeida S.M. (2014). Empleo de ultrasonido en la extracción de curcumina a partir de su fuente natural. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 2014;19(1):14-20.

Ulloa J., Ulloa P., Ramírez J., Ulloa B. (2013). Ultrasonido: aplicaciones en el campo de los alimentos. Centro de Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma de Nayarit. *Revista Fuente nueva época*. Año 4, No. 14, julio - septiembre 2013. ISSN 2007 – 0713.

PREVALENCIA DE LA DESNUTRICIÓN EN NIÑOS ESCOLARES E IDENTIFICACIÓN DE SUS DETERMINANTES EN EL DISTRITO DE JESÚS NAZARENO

Jesús Paniagua Segovia, Gabriel Cerrón Leandro, Abel Gutiérrez Cuba

Unidad de Investigación e Innovación de Ingeniería Química y Metalurgia
Programa de Investigación en Procesos Industriales - Área de Procesos Alimentarios y Agroindustriales
E_mail: jjpaniagua@hotmail.com

RESUMEN

Es conocido el hecho de que el impacto de las privaciones nutricionales en la infancia y niñez es especialmente relevante, dado que es el momento en el que se produce el mayor crecimiento corporal y se adquieren las habilidades psicomotoras y sociales que les permiten a las personas un desarrollo satisfactorio durante su vida adulta. El fin de esta investigación fue conocer el estado nutricional de los niños y niñas en edad escolar de 6 a 8 años y la identificación de sus determinantes en el distrito de Jesús Nazareno de Ayacucho. Para tal efecto se contó con encuestas y determinación de medidas antropométricas. Se realizó una entrevista a profundidad con informantes claves. Se encontró 28,49% con Índice de Masa Corporal (IMC) bajo (15,06 % de niños y 13,41 % de niñas); 57,54 % con peso IMC normal (27,37 % de niñas y 30,17 % de niños); 13,97 % con IMC sobrepeso (2,79 % de niñas y 11,17 % de niños). El grado de Índice de Masa Corporal, desnutrición, se relaciona significativamente con la afiliación al SIS, grado de instrucción de la madre, con el oficio de los padres, participación a programas sociales, ingreso familiar y con el acceso de la familia a red de alcantarillado a un nivel de 95 % de confiabilidad.

Palabras clave: Índice de masa corporal, desnutrición, niños, antropometría.

PREVALENCE OF UNDERNUTRITION IN SCHOOL CHILDREN AND IDENTIFICATION OF ITS DETERMINANTS IN THE JESUS NAZARENO DISTRICT

ABSTRACT

It is known that the impact of nutritional deprivation in childhood and childhood is especially relevant, given that it is the moment when the greatest body growth occurs and the psychomotor and social skills that allow people to gain satisfactory development during adulthood. The purpose of this research was to know the nutritional status of children of school age from 6 to 8 years and the identification of their determinants in the district of Jesús Nazareno of Ayacucho. For this purpose, there were surveys and determination of anthropometric measures. An in-depth interview was conducted with key informants. 28.49% were found with low Body Mass Index (BMI) (15.06% boys and 13.41% girls); 57.54% with normal BMI weight (27.37% of girls and 30.17% of boys); 13.97% with overweight BMI (2.79% girls and 11.17% boys). The degree of Body Mass Index, malnutrition, is significantly related to the affiliation to the SIS, the degree of instruction of the mother, the profession of the parents, participation in social programs, family income and the access of the family to the network of sewage system at a level of 95% reliability.

Keywords: Body mass index, malnutrition, children, anthropometry.

INTRODUCCIÓN

El estudio del estado nutricional de los niños de primer y segundo grado de nivel primario e identificación de sus determinantes en el distrito de Jesús Nazareno - Ayacucho, se basó en motivaciones de diferente naturaleza. Es conocido el hecho del impacto de las privaciones alimentarias adecuadas en la infancia, dado que es el momento en el que se produce el mayor crecimiento corporal y se adquieren las habilidades psicomotoras y sociales que les permiten a las personas un desarrollo satisfactorio durante su vida adulta. Los problemas en el desarrollo físico durante la niñez y, más específicamente, los problemas nutricionales, son los resultados de condiciones de vida desfavorables. Los análisis sobre la dinámica de la pobreza y de ingresos en nuestro país muestran que desde mediados de la década de los noventa; su incidencia, intensidad y severidad presentan una tendencia ascendente. Al mismo tiempo se acrecentó la relación entre los niveles de pobreza y la presencia de niños en el hogar. En estas

últimas décadas si bien la economía mostró claros síntomas de recuperación, el ingreso de los hogares no mostró el mismo dinamismo. En el distrito de estudio se ha detectado cierto nivel de desnutrición en niños de 6 a 8 años, donde es determinante los factores educativos, económicos, ambientales, institucionales, hábitos de higiene.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se ejecutó en el área urbana del distrito de Jesús Nazareno (recopilación de datos), y en los ambientes del Gabinete de Cómputo de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la UNSCH (procesamiento de datos).

1. Metodología

Criterio de selección

Ingresaron al estudio los niños escolares entre los 6 y 8 años, de ambos sexos, que son residentes habituales (aquel

que reside mayor de 3 meses en la zona).

Se excluyó a los escolares mayores de 8 años y menores de 6 años, y aquellos que presenten discapacidad (ej. síndrome de Down, malformaciones congénitas, como labio leporino y paladar hendido, parálisis secundaria a encefalopatía hipóxica isquémica).

Se excluyó del estudio a la población residente en viviendas tipo colectivas como hospitales, cuarteles, comisarías, hoteles, centros de reclusión, etc.

Población, muestra y muestreo

• Población de estudio

Comprende al conjunto de escolares entre los 6 y 8 años de edad, residentes habituales de viviendas particulares del área urbana y periferia del distrito de Jesús Nazareno. Las zonas donde se encuestaron fueron: Asociación San Andrés, Asociación los Portales y Comité VRAE II, Asociación VRAE II, Asociación d vivienda san Carlos, Totorilla, Pampa del Arco, Villa San Cristóbal, Jesús Nazareno, estas zonas pertenecen a las periferias del distrito.

• Marco muestral

Para la presente investigación, el marco muestral que se utilizó es la cantidad de viviendas del distrito.

Unidades de muestreo

• Unidad Primaria de Muestreo Urbana (UPMU)

Es el conglomerado el cual es el área geográfica conformada por una o varias zonas o barrios contiguos.

• Unidad Terciaria de Muestreo (UTM)

Fueron los escolares menores, entre los 6 y 8 años de edad, de ambos sexos, que se encontraron en la vivienda seleccionada al momento del muestreo.

• Unidad de análisis

Escolares menores, entre los 6 y 8 años de edad, de sexo masculino y femenino, que fueron seleccionados para ser pesado y tallado.

Tipo de muestreo y tamaño de la muestra

Se realizó un muestreo aleatorio por conglomerados (áreas), trietápico e independiente en el distrito.

La muestra es probabilística porque las unidades fueron seleccionadas mediante métodos al azar, lo cual permite efectuar inferencias a la población sobre la base de la teoría de probabilidades.

La muestra es de áreas porque la probabilidad de selección de las unidades de muestreo está asociada a áreas del marco muestral.

Etapas de muestreo

- Primera etapa: Se utilizó la selección sistemática con probabilidad proporcional al tamaño (PPT) de viviendas.
- Segunda etapa: Se seleccionó las viviendas con población objetivo, mediante el muestreo aleatorio simple, previo censo de viviendas dentro de los conglomerados.

- Tercera etapa: Se seleccionó la unidad de análisis (escolares menores, entre los 6 y 8 años de edad),

utilizando la técnica del “último cumpleaños”.

El nivel de confianza de los resultados muestrales es del 95%.

Dado los objetivos de la encuesta y la necesidad de obtener resultados confiables en las estimaciones para el estudio, se considera la presencia (P) de alguna característica de interés en dicha población, en este caso la **tasa de desnutrición** a nivel distrito.

Se consideró un nivel de confianza del 95% para las estimaciones. Para el cálculo de los tamaños de muestra se utilizó la expresión siguiente:

$$m = \frac{Z^2 * M * P * Q * TNR}{(N - 1) * d^2 + (Z^2 * P * Q)}$$

Donde:

m: tamaño de la muestra de viviendas con escolares menores entre los 6 y 8 años de edad.

M: número total de viviendas en el distrito o centro poblado,

P: tasa de desnutrición infantil en el distrito.

Q= 1-p (distrito de Jesús Nazareno)

d: margen de error asumido en la estimación de P,

Z: valor de la abscisa de la distribución normal para un 95% de confianza.

Z = 1.96

TNR = 5%, tasa de no respuesta esperada debido a ausencia o rechazo de informantes.

Procedimiento:

- Taller de fortalecimiento en medidas antropométricas, selección de unidad de análisis (niños) y aplicación de encuestas
- Entrevista a profundidad
- Enrolamiento
- Antropometría
- Instrumento: cuestionario

2. Variables

Variables principales

Índice de Masa Corporal (ICM)- (grado de desnutrición)

Determinantes de desnutrición

- Educativos
- Económicos
- Ambientales
- Institucionales
- Hábitos de higiene

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio y las encuestas se realizaron en el distrito Jesús Nazareno, en los siguientes zonas o barrios: Asociación San Andrés, Asociación los Portales y Comité VRAE II, Asociación VRAE II, Asociación d vivienda san Carlos, Totorilla, Pampa del Arco, Villa San Cristóbal, Jesús Nazareno, estas zonas se sitúan en las periferias del distrito.

Tabla 1. Parte de las mediciones realizadas a niños y niñas en el distrito de Jesús Nazareno.

No.	Nombres y Apellidos	Edad (Años)	Peso (Kg)	Talla (Cm)	Imc	Sector
1	Fabiana Ccorilla Quispe	7	19,20	105	17,4	Jesús Nazareno
2	Jimena A. Gomez Baez	6,25	22,30	111	18,1	Jesús Nazareno
3	Ruth A. Ccorahua Lujan	6,50	16,20	108	13,9	Jesús Nazareno
4	Maria Isabel Lizarme Díaz	7	33,06	131	19,3	Jesús Nazareno
5	Jimena Mayumi Anaya Huamán	7,08	34	119	24	Jesús Nazareno
6	Eiza M. Crisóstomo Tinco	6,92	18,50	109	15,6	Jesús Nazareno
7	Itzel Y. Antonio Licapa	6,42	20	108	17,2	Jesús Nazareno
8	Luciana Payta Duran	6	19	112	15,2	Jesús Nazareno
9	Naftali De La Cruz Miguel	6,67	22	123	14,5	Jesús Nazareno
10	Melany De La Cruz Miguel	7,42	17,60	109	14,8	Jesús Nazareno
11	Andrea R. Aguirre Rodríguez	6,58	17	111	13,8	Jesús Nazareno
12	Lucia G. Aguirre Rodríguez	6,08	20,04	106	17,8	Jesús Nazareno
13	Erick Yaranga Quispe	6	21,90	113	17,2	Jesús Nazareno
14	Ángel Gavilán Cajamarca	6	28,10	114	21,6	Jesús Nazareno
15	Edu Chávez Orejón	7	20,70	116	21,6	Jesús Nazareno
16	Josué A. Leyba Cuba	7	22,07	121	15,1	Jesús Nazareno
17	Yems Kael Condori	6,83	26,04	123	17,2	Jesús Nazareno
18	Dyland Palomino Pinta	8	28,03	127	17,4	Jesús Nazareno
19	Esmir J. Quispe Navarro	7	22,07	122	14,8	Jesús Nazareno
20	Jhosue Z. Crisóstomo Tinco	7	22,70	109	19,1	Jesús Nazareno
21	Cesa A. Capcha Quispe	7	28	121	19,1	Jesús Nazareno
22	Percy A. Chávez Quispe	6,75	34	128	20,8	Jesús Nazareno
23	Luis F. Villantoy Díaz	7	28,03	128	17,1	Jesús Nazareno
24	Fabricio Mendoza Escalante	6,33	19	110	15,7	Jesús Nazareno

Fuente: Mediciones realizadas a niños en el distrito de Jesús Nazareno, 2018.

Se encuestaron un total de 179 viviendas; donde se detectaron 179 individuos entre niños y niñas, de los cuales el 43,58 % son niñas y 56,42 % son niños, con edades entre 6 y 8 años. En las encuestas se encontró que el 28,49% de niños tienen un Índice de Masa Corporal (IMC) bajo (15,06 % de niños y 13,41 % de niñas); 57,54 % con IMC normal (27,37 % de niñas y 30,17 % de niños); 13,97 % con IMC sobrepeso (2,79 % de niñas y 11,17 % de niños).

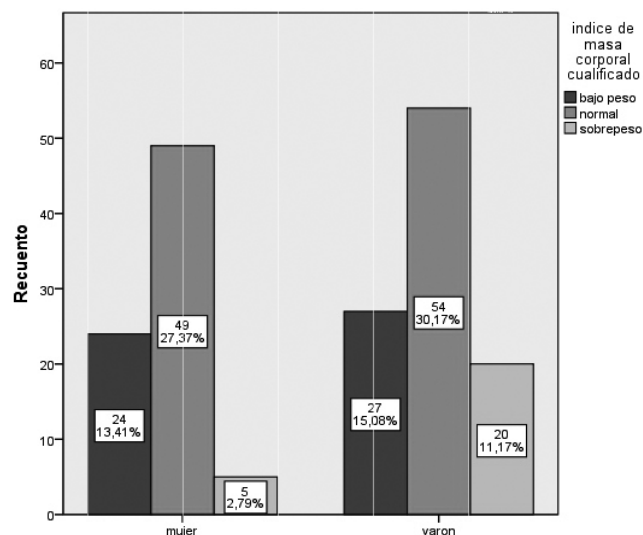


Fig. 1. Estado nutricional de niños del Distrito de Jesús Nazareno.

En la Fig. 1, el estado nutricional según el sexo, las niñas (mujeres) presentan un 13,41% de bajo índice de masa corporal (IMC) y los niños (varones) 15,08%, en cuanto a un

índice de masa corporal normal los varones presentan un mayor porcentaje de 30,17%, frente al de las mujeres quienes alcanzan un 27,37%, en el caso de sobrepeso los varones tienen un mayor porcentaje de 11,17% y las mujeres un 2,79%.

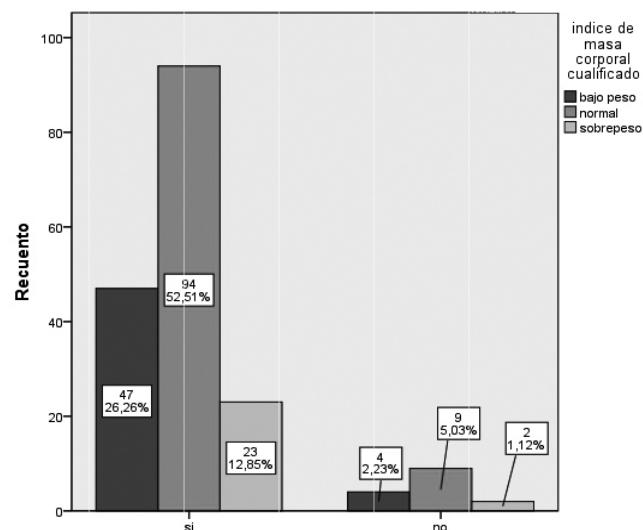


Fig. 2. Estado nutricional de niños del Distrito de Jesús Nazareno, según filiación al SIS.

En la Fig. 2, se muestra el estado nutricional de los niños según la afiliación al Seguro Integral de Salud (SIS), el 91,62% de familias se encuentran afiliadas al SIS, En las familias afiliadas al SIS, en encontraron niños(as) con IMC bajo (26,26%) y IMC sobrepeso (12,85%); en cuanto a las

familias que no se encuentran afiliadas a este seguro la tendencia es similar. En general existe un mayor porcentaje de niños con IMC normal tanto en familias que se encuentran afiliadas al SIS y las no afiliadas.

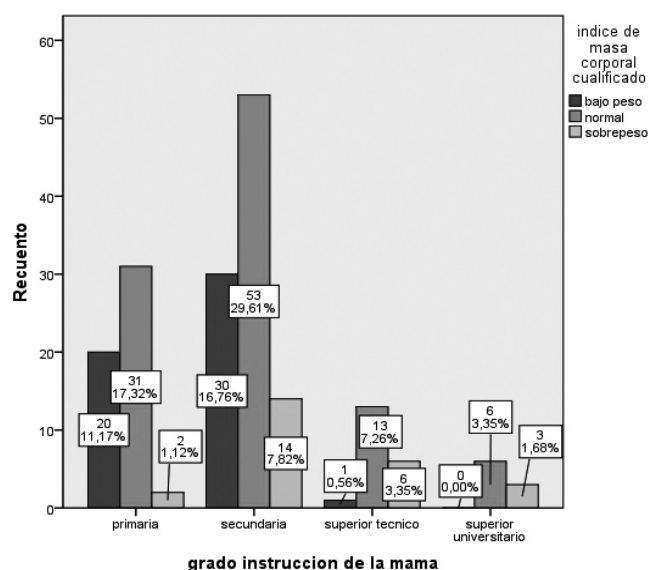


Fig. 3. Estado nutricional de niños del Distrito de Jesús Nazareno, según educación de la madre.

Respecto al estado nutricional de los niños en relación al grado de instrucción de la madre; los niños (as) con madres que tienen estudios a nivel primaria y secundaria presentan mayor porcentaje de IMC bajo (27,93%) un estado de IMC normal de 46,93%, seguido de un IMC de sobre peso de 8,94%. Mientras en los casos donde las mamás tienen grado de instrucción técnica y superior universitarios los indicadores de IMC bajo Peso son menores. El factor de grado de instrucción de las mamás, influye directamente el estado nutricional de los niños de Jesús Nazareno.

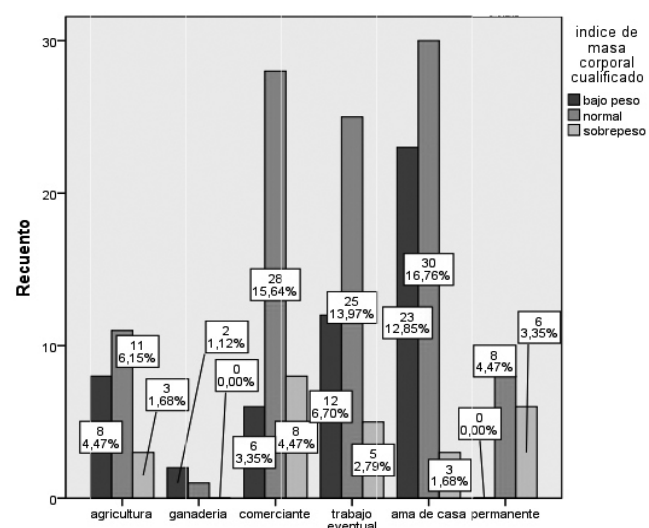


Fig. 4. Estado nutricional de niños del Distrito de Jesús Nazareno, según fuente de oficio de los padres.

De la Fig. 4, podemos considerar los siguientes hechos; el mayor porcentaje de niños con IMC bajo peso, que equivale a mayor desnutrición, se ubican donde los padres se desempeñan como amas de casa, trabajadores eventuales y agricultura respectivamente. Por otro lado se ha encontrado

mayor cantidad de niños con IMC normal, es decir con nutrición normal, cuando los padres son comerciantes, trabajadores eventuales y amas de casa. Un aspecto que llama la atención es donde los padres tienen la función de amas de casa, en este sector se ha encontrado alta incidencia de niños con IMC bajo peso y IMC normal, este hecho se explica de que existe amas de casa que reciben ingresos medios a altos, y amas de casa de reciben ingresos bajos. Asimismo se puede visualizar que los niveles de fuentes de ingresos están relacionados directamente al grado de desnutrición.

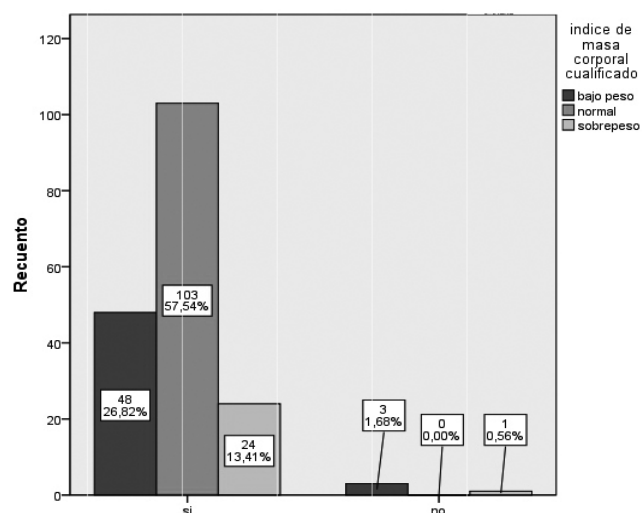


Fig. 5. Estado nutricional de niños del Distrito de Jesús Nazareno, según participación en programas sociales.

En la Fig. 5, se muestra la participación de los niños en programas sociales proveniente de gobierno local y nacional, la mayoría de los encuestados (97,46%) son beneficiarios del programas sociales (qaliwarma, vaso de leche y otros). Se puede observar que un 57,54% de estos los niños tienen un IMC normal, es decir tiene una nutrición normal; pero un 26,82% de estos niños tienen un IMC bajo, que indica que aun recibiendo ayuda alimentaria de programas sociales tiene un cuadro de desnutrición. Un 13,41% de estos niños presentan sobre peso. Los niños que no participan en programas representan 2,54%, y son aquellos niños que asisten a escuelas privadas.

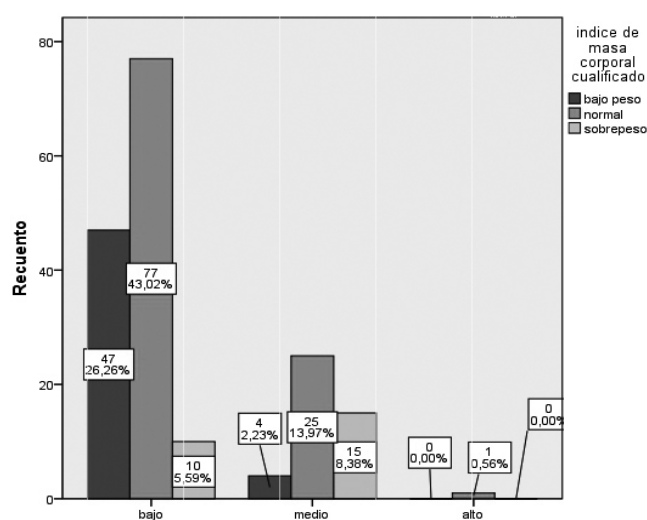


Fig. 6. Estado nutricional de niños del Distrito de Jesús Nazareno, según ingreso familiar.

En la Fig. 6, se observa la relación del ingreso familiar con el grado de desnutrición. Un 74,87% de las familias encuestadas tiene un ingreso bajo (menores a 01 sueldo mínimo vital); 24,58% ingreso medio (menores a 02 sueldo mínimo vital); y 0,55% ingreso alto (mayores a 02 sueldo mínimo vital). Donde existe mayor incidencia de niños con IMC bajo 26,26% (desnutrición) son en aquellas familias que tiene menores ingresos económicos, y un 2,23% en familias con ingresos medios, y ningún niño con IMC bajo en familias con ingresos altos. También existen mayor porcentaje de niños con IMC sobrepeso donde el ingreso familiar es medio, también existen niños con IMC sobrepeso donde el ingreso familiar es bajo. El grado de desnutrición está relacionado con el ingreso familiar.

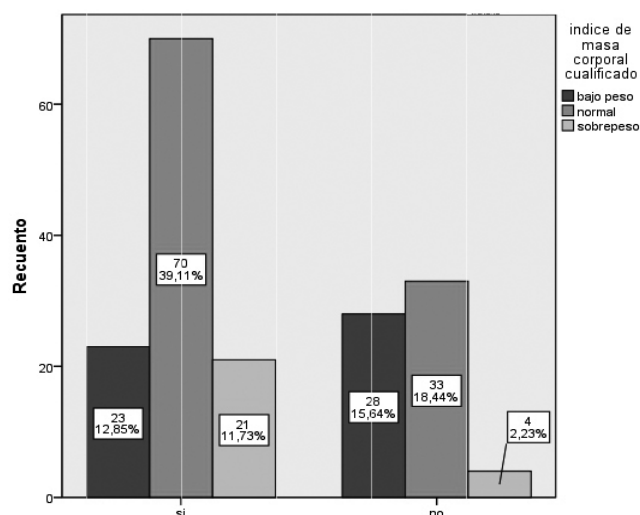


Fig. 7. Estado nutricional de niños del Distrito de Jesús Nazareno, según acceso a red de Alcantarillado

En la Fig. 7, se observa que el 63,69% de las familias encuestadas del Distrito de Jesús Nazareno tienen acceso al servicio de alcantarillado y un 36,31% no tiene acceso a alcantarillado. Un mayor número de niños (15,64%) con IMC bajo se encuentran en hogares que no tienen acceso a la red de alcantarillado. La mayor cantidad de niños con IMC normal 39,11% (nutrición normal) se encuentran en hogares con acceso a la red de alcantarillado.

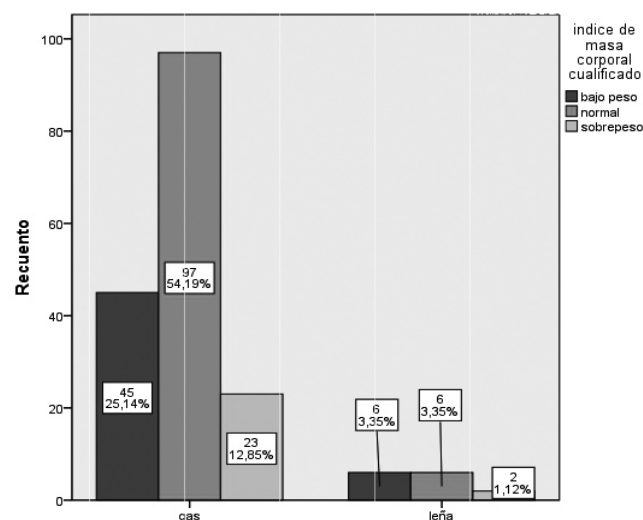


Fig. 8. Estado nutricional de niños del Distrito de Jesús Nazareno, según combustible para cocinar.

En la Fig. 8, podemos apreciar que el 92,18% de los hogares encuestados hacen uso de gas como el combustible cocinar sus alimentos, y un 7,82% de los encuestados usa leña para cocinar. Se puede apreciar que el 54,19% de hogares que usan gas tienen niños con el IMC normal y un 25,14% con IMC bajo. El tipo de combustible no influye en el grado de desnutrición.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ávila y Tejero. 1996. *Estado Nutricional en Niños y Gestantes de los Establecimientos de Salud del Ministerio de Salud*. Perú

Cervera, P. y otros. 1993. *Alimentación y Dietoterapia*. 2da. edición. Editorial Interamericana. McGraw-Hill. Madrid. España.

MINSA. 2012-2013. *Estado Nutricional en el Perú por etapas de vida*. Perú.

OMS. 2009. *Weight and Height for ages*.

Rojas, C. 2008. *Nutrición y los niños*. En: *Encuesta demográfica y de salud familiar*. INEI. Perú.

SOPENUT. 2009. *Manejo integral de la anemia por deficiencia de hierro*. Perú.

Urban, J. *Nutrición y los niños*. En *Encuesta demográfica y de salud familiar*. INEI. Perú.

DISEÑO Y DESARROLLO DE CUERO VEGETAL A BASE DE LOS RESIDUOS DE LAS FIBRAS DE HOJA DE PIÑA (*Ananas comosus*) GOLDEN DEL VRAEM

Percy Velásquez Ccosi, Jorge Málaga Juárez

Unidad de investigación e Innovación de Ingeniería Química y Metalurgia

Programa de Investigación en Procesos Industriales - Área de Procesos Alimentarios y Agroindustriales

E-mail: Percyvelasquez2@hotmail.com

RESUMEN

En primer lugar, se realiza un estudio teórico sobre la materia prima y la tecnología que implica la obtención de la fibra, para desarrollar un material similar al cuero, luego se tuvo que implementar una desfibradora mecánica en base a la secuencialidad y retroalimentación, con la aplicación de principios de ensayo-error y la ingeniería inversa; que con el uso del software de modelamiento mecánico CAD Solidworks 2018 proporcionó el diseño de elementos de máquinas agroindustriales, la validación y optimización en función de sus requisitos operacionales, alineados a las normas vigentes internacionales de la ingeniería de materiales, para la construcción y operación de la máquina. Se caracterizó la calidad del desfibrado teniendo en cuenta la limpieza de las fibras, el cual decrece exponencialmente dentro de los límites investigados con respecto a la holgura del desfibrado, haciéndose mayor para distancias menores a 1 mm. Para una distancia de desfibrado de 1 mm las fibras quedan lo suficientemente limpias, sin embargo, para una distancia de desfibrado de 1,5 mm las fibras obtenidas no pueden ser utilizadas debido a la gran cantidad de material no fibroso que aún se encuentra adherido a las mismas. Con la desfibradora se extrae una importante cantidad de celulosa de las hojas, ideal para convertirlas en un material flexible, resistente y ecológico alternativo al cuero de origen animal sustentable al uso a los desechos producidos durante la cosecha de esta fruta. La versatilidad de este material permite desarrollar una gran variedad de investigaciones dirigidas a la producción de carteras, bolsos, tapizados, calzados y demás accesorios que se pueden manufacturar en cuero.

Palabras clave: Fibra, cuero vegetal, celulosa, desfibrado.

DESIGN AND DEVELOPMENT OF VEGETABLE LEATHER BASED ON THE RESIDUES OF THE PINE LEAF FIBERS (*Ananas comosus*) GOLDEN DEL VRAEM

ABSTRACT

First, a theoretical study is carried out on the raw material and the technology that involves obtaining the fiber, to develop a material similar to leather, then a mechanical shredder was implemented based on sequentiality and feedback, with the application of trial-error principles and reverse engineering; that with the use of CAD Solidworks 2018 mechanical modeling software, it provided the design of elements of agro-industrial machines, validation and optimization based on their operational requirements, aligned with current international standards of materials engineering, for the construction and operation of machine. The quality of the defibration was characterized taking into account the cleaning of the fibers, which decreases exponentially within the limits investigated with respect to the clearance of the defibration, becoming greater for distances less than 1 mm. For a defibration distance of 1 mm the fibers remain sufficiently clean, however, for a defibration distance of 1.5 mm the fibers obtained cannot be used due to the large amount of non-fibrous material that is still adhered to the pampering. With the shredder, a significant amount of cellulose is extracted from the leaves, ideal to turn them into a flexible, resistant and ecological material alternative to leather of sustainable animal origin to use the waste produced during the harvest of this fruit. The versatility of this material allows to develop a great variety of investigations aimed at the production of wallets, bags, upholstery, footwear and other accessories that can be manufactured in leather.

Keywords: Fiber, vegetable leather, defibrated, cellulose.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, han surgido innovaciones y novedades con respecto a los recursos, materiales y tratamientos a experimentar relacionados con el concepto de sustentabilidad y cuestiones éticas a la hora de realizar un producto. Estos están vinculados al descubrimiento de materias primas nuevas con el objetivo de reemplazar el cuero de origen animal. De esta manera, se ha logrado crear cuero ecológico como alternativa al cuero animal. Este cambio es el que, en la actualidad, está logrando despertar el interés de diseñadores e investigadores ya que cada vez son más los que se animan a revolucionar el mundo de la moda, explorando nuevos textiles ecológicos resistentes.

A continuación, se postulará lo mencionado por un informe que se titula Fabrican cueros a partir de frutas, en el que (Petronzio, 2015), reafirma esta teoría de que el cuero de origen vegetal, hoy, es la nueva innovación. En Filipinas, los hombres tradicionalmente visten prendas muy particulares llamadas barong tagalog, estas han sido producidas en base a las fibras de hojas de piña.

Esta propuesta es motivada por el alarmante daño ambiental que la fabricación del cuero animal implica y como alternativa buscar una alternativa ética, resistente y sustentable a este material: un textil que puede elaborarse a partir de la unión de las fibras sin necesidad de ser cosido, con un acabado idéntico al del cuero animal. Las fibras que

componen, en este sentido se extraen de las hojas de las piñas una vez cosechadas, que en general se descartan o terminan pudriéndose en el suelo, lo que hace que el material no requiera un terreno adicional para su cultivo. Además, el proceso industrial en el que surge la “tela” genera un subproducto: una biomasa que puede utilizarse como fertilizante.

MATERIAL Y MÉTODOS

Lugar de ejecución

El trabajo se desarrolló en el Centro Experimental de Curtiembre de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Laboratorio de Mejoramiento Genético (Área: Análisis de Fibras Textiles) de la Universidad Nacional de Huancavelica y la empresa COVE Ingenieros S.A.C. de la ciudad de Ayacucho. Los residuos de piña Golden para los diferentes ensayos se obtuvo de la Central de Productores de Piña del VRAEM.

Material experimental

• Materia Prima

La piña variedad Golden estudiada proviene de los productores de diferentes zonas del VRAEM como Palmapampa, Anchiuay, San Francisco, Kimbiri, ofertan una gran cantidad de la piña Golden aproximadamente se tiene 58 hectáreas disponibles para el presente trabajo.

• Etapas de diseño

El diseño es el primer paso en la fase de desarrollo de cualquier producto o sistema de ingeniería. El objetivo del diseño es producir un modelo o representación de una entidad que se va a construir posteriormente (Aaron, Deutsman y Charles 1996).

Las diferentes etapas para el diseño, se muestra a continuación:

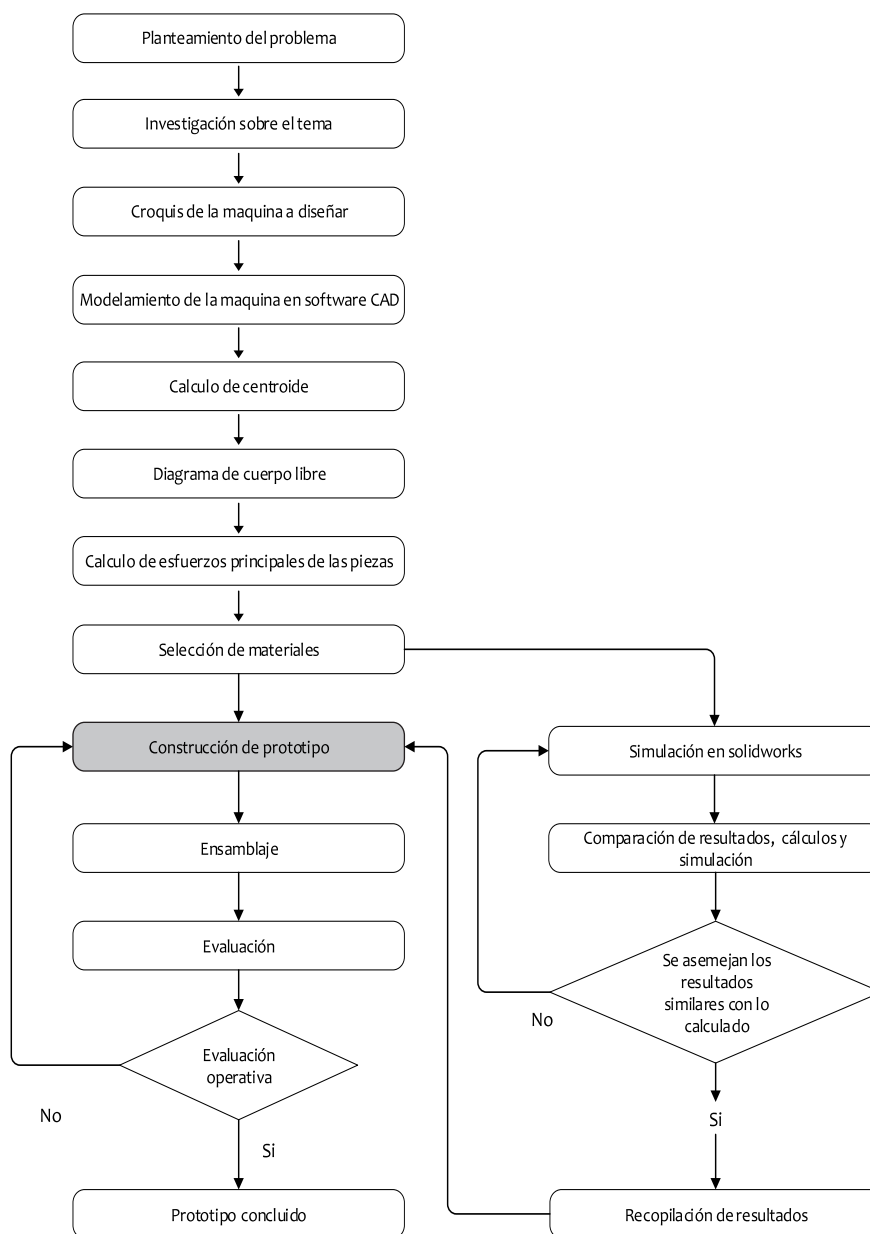


Figura 1. Etapas de diseño para la implementación de un equipo desfibrador

- Operaciones para la obtención del material base para cuero vegetal
En la figura 2, se muestran las operaciones desarrolladas para obtener el material base para el cuero vegetal.



Figura 2. Operaciones para la obtención del material base de los residuos de las fibras de hoja de piña para cuero vegetal.

- Descripción de las operaciones para la obtención del material base para cuero vegetal
- ✓ **Deslignificado.**
Con esta operación se separa la lignina de la celulosa de las fibras de piña, de acuerdo a los hidromoludos mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Hidromoludos para el deslignificado, blanqueado y mezclado de la pulpa de celulosa de fibra de piña.

Item	Peso (g)	V H ₂ O (ml)	NaOH (ml)	V H ₂ O (ml) a Completar	Tiempo (min)	V gel (ml)	Peso goma (g)	Tiempo mezclado (min)	VNaClO (ml)
1	50	350	100	250	30	50	5	5	150
2	50	300	165	235	35	55	8	6	100
3	50	250	225	225	45	65	11	7	80
4	50	200	285	215	50	75	14	8	70
5	50	100	600	0	60	85	17	9	50
6	50	300	150	250	30	90	20	10	55
7	50	300	170	230	40	95	23	11	50
8	50	300	190	210	50	100	26	12	45
9	50	300	210	190	60	105	29	13	35
10	50	300	250	170	70	110	32	14	30

✓ **Lavado**

Con el objetivo de eliminar toda la solución del licor negro de lignina de las fibras celulósicas.

✓ **Blanqueado**

Se utiliza hipoclorito de sodio al 5% de acuerdo a los hidromódulos mostrados en la tabla 1 (VNaClO ml).

✓ **Mezclado**

Con el fin de obtener una pasta más homogénea y particular o micro fibrillas más finas. Se le adiciona almidón y cola sintética, para otorgarle propiedades de flexibilidad y unión entre las micro fibrillas teniendo en cuenta la tabla 1.

✓ **Refinado**

Se realizó en un molino coloidal, con el fin de homogenizar la pulpa y reducir el tamaño de la pulpa virgen de celulosa.

✓ **Laminado**

El moldeado, se realizó vaciando la pasta líquida en un

molde bastidor entelado de 24,5 x 30cm, buscando darle el efecto y acabado de una máquina papelera.

✓ **Secado**

Esta operación se realizó a temperatura ambiente, aprovechando el molde bastidor entelado el cual permite eliminar el agua fácilmente, adhiriéndole un efecto especial al material base para el cuero una vez seco.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Características de las hojas de piña Golden

En la tabla 2 se muestra las características físicas de las hojas de piña Golden, con los que se dimensionó el prototipo desfibrador, al respecto Holten (2004), señala que la fibra como un filamento blando que es muy parecido a un cabello, cuyo diámetro es muy pequeño en relación a su longitud y sus propiedades están determinadas por la naturaleza de la estructura externa e interna y su composición química, por lo que deben tener suficiente resistencia, elasticidad, longitud y cohesión para poder unirse.

Tabla 2. Principales Características de las hojas de piña Golden.

Hoja	Longitud (mm)	Parte basal (mm)	Parte central (mm)	Parte apical (mm)	Espesor (mm)
1	980	1,4	0,8	0,8	1,0
2	1000	1,5	1,4	1,4	1,4
3	990	1,9	1,7	0,9	1,5
4	880	2,0	1,7	1,0	1,6
5	1170	2,1	15	1,3	1,6
6	970	2,5	1,9	1,5	2,0
Promedio	998,3	1,9	1,5	1,2	1,5

Resultados de la evaluar la calidad del desfibrado

En la tabla 3, se puede apreciar que el mayor rendimiento del desfibrado en 26%, además a este valor le corresponde la mayor cantidad de fibra obtenida y se minimiza el desperdicio figura 3. Yusof et al., (2015) obtuvo valores inferiores en residuos de piña Josapine de hojas de aproximadamente 30-60 cm de largo y 4-6 cm de ancho, bajo

métodos convencionales. Espín (2015) refiere que existe una gran variedad de métodos de desfibrado de acuerdo con el tipo de hojas o pseudotallos y a las características propias de cada especie. Entre algunas especies existen grandes diferencias de espesores, cantidad de líquido, resistencia y flexibilidad por lo que un método puede ser más adecuado que otro al momento de la operación.

Tabla 3. Resultados obtenidos en función a la Apertura entre cuchillas del prototipo.

Hoja	Apertura entre cuchillas (mm)	Peso de hoja (g)	Peso de la fibra (g)	Desperdicio (g)	Rendimiento
1	1,5	72	10	62	13,9
2	1,0	73	19	54	26,0
3	0,8	70	15	55	21,4
4	0,5	75	12	63	16,0
5	0,2	73	0	73	0,0

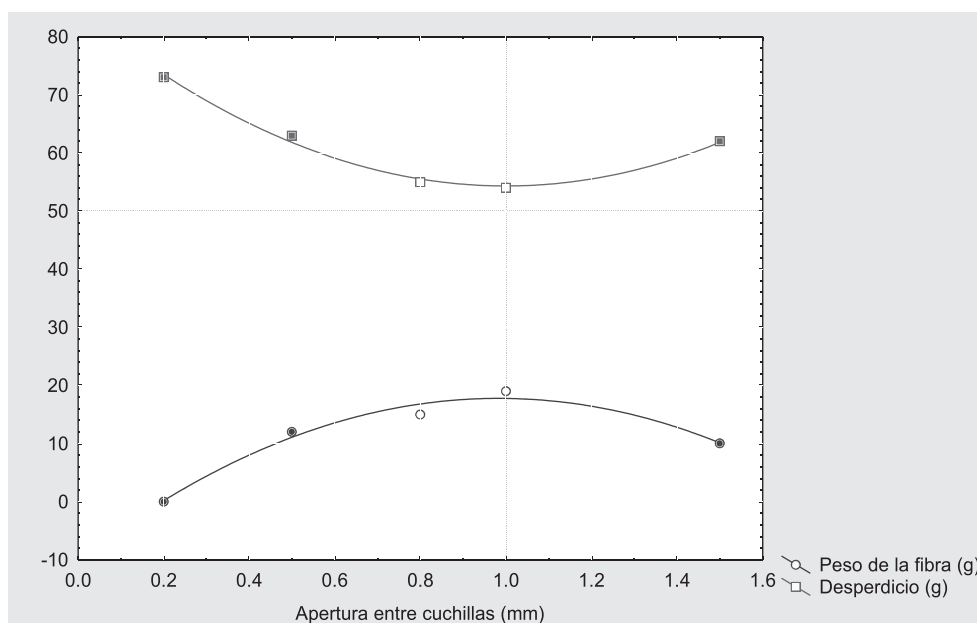


Figura 3. Peso de la fibra y desperdicio en función a la apertura de cuchillas.



Figura 4. Prototipo desfibrador, apertura de cuchillas y fibra obtenida sin desperdicio.

Fibra limpia de residuos de piña

El lavado es una operación en el cual se elimina los restos de corteza sobrantes, en agua corriente por un tiempo de 24 horas, el agua va penetrando los tejidos y produce el debilitamiento de las paredes y el material que recubre las fibras. En este proceso a través de enjuagues y movimientos mecánicos de las hojas en el agua se retira el material sobrante y obtener las fibras expuestas, se debe tomar muy en cuenta el tiempo de maceramiento, el cuidado de la recolección, la temperatura, la temperatura y el tipo de agua con la que se moja las hojas debido a que de estos pasos depende la calidad de la fibra obtenida, Figura 5.

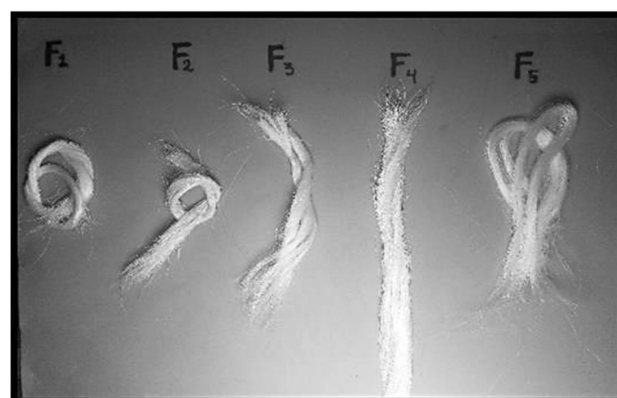


Figura 5. Fibra limpia obtenida de residuos de piña.

Resultado de la formación del material base para cuero vegetal

Aunque es posible fabricar materiales de plantas o vegetales como la piña las mejores fibras son de origen leñoso, es decir las fibras que provienen de arboles, las especies de arboles de madera blanda como el pino y el abeto producen fibras largas y estas le dan resistencia, rigidez y resistencia al material,

según (Sharma, Ramchiary, Samyor, & Das, 2016) para obtener pulas con mejores características es frecuente que se mezclen distintos tipos de fibras. Estas afirmaciones bibliográficas ayudaron a tomar la decisión de optar por el proceso de pulpeado de las fibras, para concluir el objetivo del presente trabajo de investigación, en el Figura 6, se muestran los resultados del cuero vegetal obtenido.

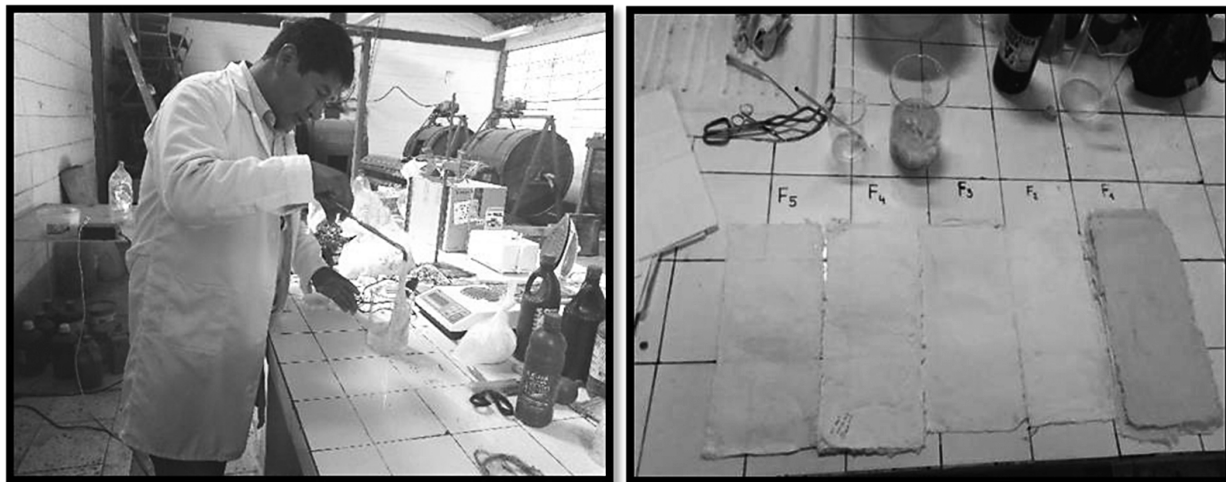


Figura. 6. Obtención del material base para el cuero vegetal a partir de pulpa de las fibras de hojas de piña Golden.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aaron D., Deutschman, Walter J., Michels, Charles E., Wilson 1996. Diseño de maquinas teoria y practica. Continental S.A. Mexico.

Albeniz, J. (2010): Desarrollo de modelos paramétricos para el diseño de uniones atornillados sometidas a cargas

extremas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.

Acevedo Gomez, R., Pablo Altumar, J. M., Diaz Monterrosas, P. R. & Sanchez Sanchez, M., 2006. Análisis y estudio de la morfología física de las fibras obtenidas de la. Mexico: Universidad del Papaloapan.

- AOAC. (1984). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Edited Ig Horwitz (3er ed) Washington, 800- 850 pp.
- Brown, R., 2016. Disponibilidad Mundial de Piel de crudas y el consumo de carnes rojas. II Congreso mundial del cuero LederPiel, 2(2), p. 124.
- Cuichan S. (2008) Tesis: “Rediseño y construcción de la máquina de viga rotatoria sometida a flexión para ensayos de resistencia a la fatiga”. Facultad de ingeniería mecánica. Escuela Politécnica Nacional. Quito. Ecuador.
- Dora Yarid Murcia Gutiérrez, M. V. T. G. M. E. T. P., 2013. Propiedades físicas, químicas y mecánicas de la piña Golden y Mayanés utilizada para la indumentaria en Bogotá. Colombia, Revia areandina.
- Espín, L. y Tello, J. (2015): Diseño y construcción de una desfibradora de hojas y pseudotallos para obtener material lignocelulósico a utilizar como refuerzo de polímeros. Escuela Politécnica Nacional. Quito. Ecuador.
- Godwell Engineering Products- Coimbatore- India. (2007c). Products - Crusher Decorticator Unit – Type II. Retrieved February 24, 2016, from http://www.godwellindia.net/cruser_unit.html.
- Faires V.M. (199...): Diseño de elementos de máquinas. Edit. Montaner y simón S.A. Barcelona. España.
- Gómez R. (2006): Normalización técnica aplicada a la ingeniería. Lima-Perú.
- Hibbeler, R. C. (2006): Mecánica de materiales. 6ª Edición. Editorial Pearson Prentice Hall. México.
- Holten N. 2004. Introducción a los textiles. Limusa. 360 p.
- Pérez, R. el at (2013): Diseño y construcción de una desfibradora de hojas de Agave angustifolia Haw. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 22. Núm. 4. pp 5-14. México.
- Pope, J. E. (2000): “Soluciones prácticas para el ingeniero mecánico”. Editorial McGrawHill. México.
- Rosell, D. el at (2003): Teoría funcional de una máquina desfibradora de Lechugilla (Agave lechuguilla Torr) de tipo tambor. Naturaleza y desarrollo. Vol. 1. Núm. 2. México.
- Palacios Lopez, M. A., 2016. Diseño Y Simulación De Una Máquina Desfibradora De Cáscara De Coco Con Capacidad De 2,5 Toneladas Para La Comunidad La Alegría De Esmeraldas, Quito Ecuador: Facultad De Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional .
- Piñatex, 2017. Ecoinventos. [En línea] Available at: <https://ecoinventos.com> [Último acceso: 08 Julio 2017].
- Quesada Solis, K., Alvarado Aguilar, P., Sibaja Ballester, R. & Vega Baudrit, J., 2005. Utilización de las fibras del rastrojo de piña (*Ananas comosus*, variedad champaka) como material de refuerzo en resinas de polímeros. Revista Iberoamericana de Pilmeros, 6(2), pp. 50-60.
- Rivas Serrano, M., 2017. Vice Channels. [En línea] Available at: <https://www.vice.com> [Último acceso: 6 Noviembre 2017].
- Panesso Luna, Gissela. 2008; Elaboración y evaluación de plásticos reforzados a partir de fibras de piña. En: Investigaciones Aplicadas – Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín., p. 2.
- Pantoja-matta, A. J. (2015). Efecto Del Pretratamiento Químico Y Típica Del Cauca Effect Of Pretreatment Chemical And Enzymatic On Deslignification Of Typical Agroindustrial Biomass Of Efeito Do Prétratamento Químico E Enzimático Sobre Deslignificação Do, 13(1), 45–53.
- Petronzio, M. (11 de agosto de 2015). These cool 'leather' bags were once rotting fruit. Mashable. Disponible en: <http://mashable.com/2015/08/11/food-waste-fruitleather/#.j2R.H42AsqO>.
- Sánchez-sánchez, P. R. D. M. (2005). Análisis y estudio de la morfología física de las fibras obtenidas de la corona y planta de dos variedades de piña (cayena lisa y MD2), 3–5.
- Sharma, P., Ramchiary, M., Samyor, D., & Das, A. B. (2016). Study on the phytochemical properties of pineapple fruit leather processed by extrusion cooking. *LWT- Food Science and Technology*, 72, 534–543. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.001>.
- Yusof, Y., Yahya, S. A., & Adam, A. (2015). Novel technology for sustainable pineapple leaf fibers productions. *Procedia CIRP*, 26, 756–760. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.160>.

DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA BASAL DE LA FISCALIZACIÓN AMBIENTAL DE LAS ENTIDADES COMPETENTES EN LAS MICRO Y PEQUEÑAS EMPRESAS INDUSTRIALES DE LA PROVINCIA DE HUAMANGA – REGIÓN DE AYACUCHO

Guido Palomino Hernández

Unidad de Investigación e Innovación de Ingeniería Química y Metalurgia
Programa de Investigación en Procesos Industriales - Área de Proyectos, Diseños Industriales y Control de Calidad
E-mail: guido.palomino@unsch.edu.pe

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo determinar la línea basal de la fiscalización ambiental de las entidades competentes en las micro y pequeñas empresas industriales en la provincia de Huamanga concordante con las normatividades ambientales vigentes para su posterior utilización en evaluación de impactos y resultados de gestión institucional. Para lo cual se estableció como principales indicadores que permitan evidenciar el cumplimiento de las micro y pequeñas empresas a la legislación ambiental y responder adecuadamente a posteriores fiscalizaciones ambientales. En la investigación se realizó la distribución de micro y pequeñas empresas por provincias a nivel de la región de Ayacucho, siendo Huamanga que concentra el 81% de microempresas de toda la región y el 82% de pequeñas empresas. A partir de ello, para la provincia de Huamanga se realizó depuró la base de datos para tener el universo de empresas micro y pequeñas, pero de la actividad industrial. De 2064 microempresas en la provincia se o tiene que 133 corresponden al rubro industrial, siendo la diferencia dedicada a la actividad comercial y otros. En las pequeñas empresas, de un total de 137, sólo dos pertenecen a la actividad industrial. Se aplicó encuestas a los representantes de las empresas, llegándose a la conclusión que el 30% conoce los temas de fiscalización ambiental; el 89 % no utiliza instrumentos de cumplimiento de normatividad ambiental; el 93% no conoce si las competencias de fiscalización ambiental corresponden al OEFA o al Gobierno Regional; finalmente, un 82% menciona que no ha recibido capacitación y/o fiscalización ambiental

Palabras clave: Pequeñas y microempresas, fiscalización ambiental.

DETERMINATION OF THE BASAL LINE OF THE ENVIRONMENTAL FISCALIZATION OF THE COMPETENT ENTITIES IN THE MICRO AND SMALL INDUSTRIAL COMPANIES OF THE PROVINCE OF HUAMANGA – REGION DE AYACUCHO

ABSTRAT

The present research project aimed at determining the basal line of environmental control of competent institutions in the micro and small industrial enterprises in the province of Huamanga concordant with the applicable environmental regulations for subsequent use in the assessment of impacts and outcomes of institutional management. It was established as main indicators that demonstrate the compliance of the micro and small enterprises to environmental legislation and respond to subsequent environmental audits.

Research was carried out the distribution of micro and small enterprises by provinces at the level of the Ayacucho region, being Huamanga that 81% of micro-enterprises of the region and 82 percent of small businesses. Based on that, the province of Huamanga was purged the database to have the universe of small and micro enterprises but industrial activity. 2064 micro-enterprises in the province is or has 133 to correspond to the industrial sector, being dedicated to the commercial activity difference and others. In small businesses, from a total of 137, only two belong to industrial activity. Surveys applied to representatives of the companies, reaching the conclusion that 30% known issues of environmental control; 89% does not use instruments of environmental regulation compliance; 93% don't know if the powers of environmental control correspond to the OEFA or the Regional Government; Finally, 82% mentioned that it has not received training or environmental control.

Keywords: Small and micro-enterprises, environmental control.

INTRODUCCIÓN

En la actuación de las entidades públicas en forma general, no se tiene una cultura de realizar una evaluación de resultados o impactos (según corresponda) en periodos de gestión, por lo cual no se puede evaluar si la gestión tuvo los efectos e impactos y no existe certidumbre si los diseños e instrumentos aplicados fueron los más pertinentes.

Esto aplicado al tema de fiscalización ambiental es primordial. En este contexto no podrá hacerse evaluaciones de avances, reflejados en resultados e impactos si no se cuenta con una línea basal del estado actual de la fiscalización en mención en las micro y pequeñas empresas industriales de Huamanga porque no habrá forma de comprar el estado futuro en un tiempo determinado sobre la línea

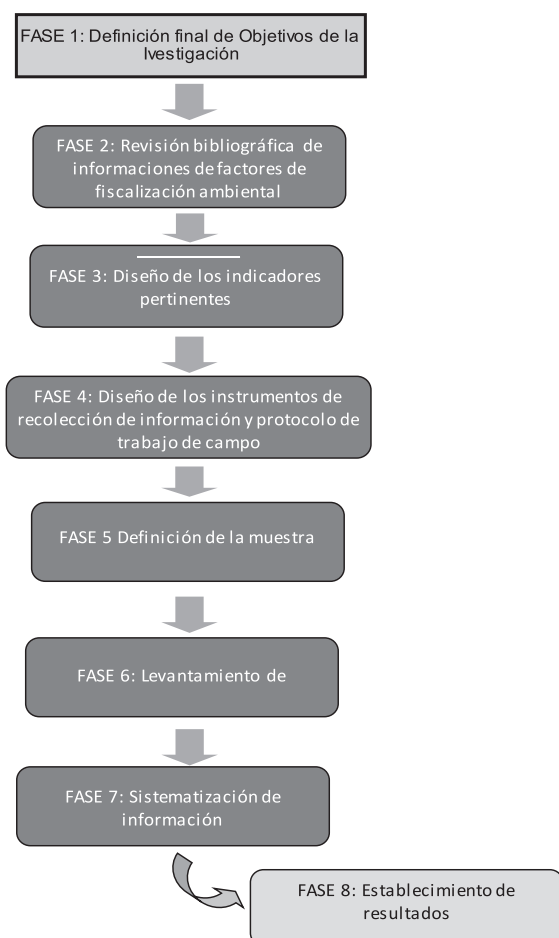
basal actual, la misma que debería hacerse cada 3 o cuatro años.

En este contexto, se ha planteado realizar la presente investigación con la finalidad de determinar la línea basal de la fiscalización ambiental de las entidades competentes en las micro y pequeñas empresas industriales de la provincia de Huamanga – Región de Ayacucho. Para determinar esta línea basal se estableció previamente el universo de las pequeñas y micro empresas formales y registradas, concordante con las normatividades vigentes y el campo de acción del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), Ministerio de la Producción, Gobierno Regional y Gobierno Local Provincial de Huamanga. Se ha demostrado que el nivel de cumplimiento a lo establecido en temas de fiscalización ambiental es muy precario y gran porcentaje de empresas micro y pequeñas de la provincia de Huamanga, no tiene conocimiento de legislación ambiental.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación es de carácter aplicada que utiliza un método analítico de diseño por objetivos, basándose en técnica de observación y análisis, bajo un sistema definido y controlado.

El presente proyecto se desarrolló bajo el diseño metodológico de la sucesión progresiva de acciones, de acuerdo a los objetivos específicos. Transversal en el tiempo.



La muestra fue probabilística, tomando en consideración el total de pequeñas y microempresas.

Del cálculo realizado la muestra total fue de 28 micro y pequeñas empresas registradas en la provincia de Huamanga, tomando en consideración la información de 136 microempresas industriales y 02 pequeñas empresas industriales de la información de Empresas Acreditadas a setiembre del 2016, que tiene un gran factor de confiabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La industria en la región de Ayacucho es incipiente y está constituida principalmente por unidades productivas calificadas como pequeña y micro-empresa cuya producción está orientada mayoritariamente al mercado local y en pequeña escala al nivel regional o nacional, teniendo la característica de ser dirigidos a la parte comercial y de servicios más que al sector secundario de la economía que es la parte de darle valor agregado a la materia prima, es decir el sector industrial. De acuerdo al Registro Nacional de Pequeñas y Microempresas (REMYPES), se ha procesado la información de activos con fuente de la Dirección Regional de Industria de Ayacucho con fuente primaria de la SUNAT.

En ella se puede observar que de un total de 2537 el 81% de las microempresas se encuentran en la provincia de Huamanga, seguido de la provincia de Huanta con un 7% y Lucanas con 4%, el resto de provincias tiene porcentajes pequeños.

Tabla 1. Distribución de Micro empresas por provincias en la región de Ayacucho.

ITEM	Provincia	Nº de microempresa	Porcentaje
1	Cangallo	36	1%
2	Huamanga	2064	81%
3	Huancasancos	15	1%
4	Huanta	172	7%
5	La Mar	76	3%
6	Lucanas	89	4%
7	Parinacochas	21	1%
8	Paucar del Sara Sara	9	0%
9	Sucre	17	1%
10	Victor Fajardo	15	1%
11	Vilcashuaman	23	1%
Total		2537	100%

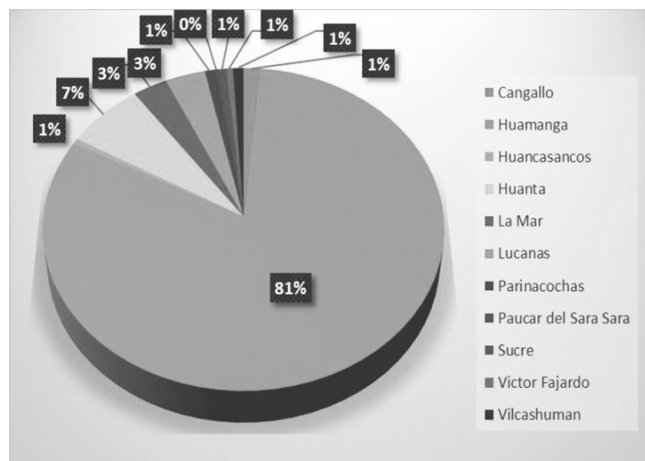


Figura 1. Distribución de Micro empresas por provincias en la región de Ayacucho.

Para el caso de la distribución de las pequeñas empresas por provincias en la región de Ayacucho, el 82% también se encuentran en la provincia de Huamanga, seguido de La Mar con un 6%, Huanta con 5% y Lucanas con 4%, teniendo el resto de provincias porcentajes muy pequeños. Ver tabla y gráfica siguiente.

Tabla 2. Distribución de Pequeñas empresas por provincias en la región de Ayacucho.

ITEM	Provincia	Nº de microempresa	Porcentaje
1	Cangallo	0	0%
2	Huamanga	136	82%
3	Huancasancos	0	0%
4	Huanta	9	5%
5	La Mar	10	6%
6	Lucanas	7	4%
7	Parinacochas	0	0%
8	Paucar del Sara Sara	1	1%
9	Sucre	1	1%
10	Victor Fajardo	0	0%
11	Vilcashuman	1	1%
Total		165	100%

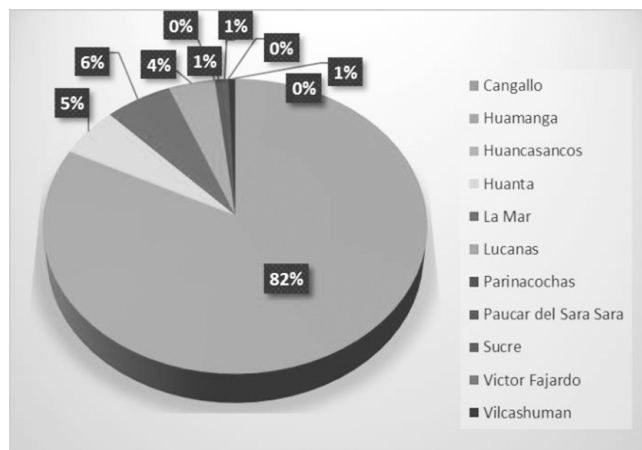


Figura 2. Distribución de Pequeñas empresas por provincias en la región de Ayacucho

Distribución de pequeñas y micro empresas en la provincia de Huamanga:

En la provincia de Huamanga se concentra alrededor del 81% de micro y pequeñas empresas como se analizó anteriormente, teniéndose un total de 2064 microempresas y 137 pequeñas empresas. No se tiene registrada medianas empresas, ni se pudo constatar en el trabajo de investigación.

Para efectos de segmentar adecuadamente al trabajo de investigación se realizó el trabajo de sistematizar la información por gran actividad económica, es decir el sector industrial que el segmento del trabajo de investigación y la parte comercial que es predominante con otros.

Para el caso de las microempresas, se puede señalar que sólo el 7% de microempresas registradas (136) y en estado de activo en la provincia de Huamanga corresponden al sector industrial, y el 93% a la parte comercial y otros (1928).

Tabla 3. Distribución de microempresas por categoría de gran actividad en la provincia de Huamanga.

ITEM	Actividad Económica	Nº de empresa	Porcentaje
1	Microempresa Industrial	136	7%
2	Microempresa Comercio y otros	1928	93%
TOTAL		2064	100%

Por otra parte, se realizó el procesamiento por actividad económica de las microempresas en la provincia de Huamanga, encontrándose que la mayor actividad es la fabricación de muebles con un 29%, prendas de vestir con un 25%, elaboración de panadería con 8%, elaboración de productos lácteos con 7%, elaboración de productos de molinería con 4%. Al respecto hay otros con un 27%.

Tabla 4. Distribución de microempresas industriales por actividad económica en la provincia de Huamanga.

ITEM	Actividad Económica	Nº de empresa	Porcentaje
1	Elaboración de productos lácteos	9	7%
2	Elaboración de productos molinería	5	4%
3	Elaboración de productos panadería	11	8%
4	Fabricación de productos de vestir	33	25%
5	Fabricación de muebles	39	29%
6	Otros	36	27%
Total		133	100%

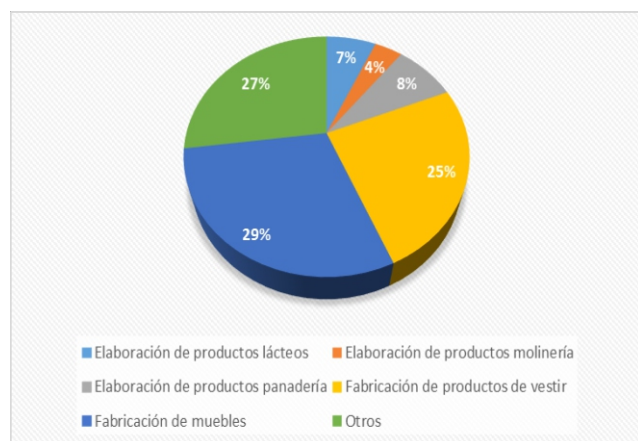


Figura 3. Distribución de microempresas industriales por actividad económica en la provincia de Huamanga.

Por otra parte, en relación a las pequeñas empresas del sector industrial se ha determinado que sólo 02 pequeñas empresas de un total de 137 (1%), corresponden este sector siendo la diferencia, o sea 99% a la pequeña empresa ligada al comercio y otros.

Tabla 5. Distribución de pequeñas empresas por categoría de gran actividad en la provincia de Huamanga.

ITEM	Actividad Económica	Nº de empresa	Porcentaje
1	Pequeña Empresa Industrial	2	1%
2	Pequeña Empresa Comercio y otros	135	99%
Total		137	100%

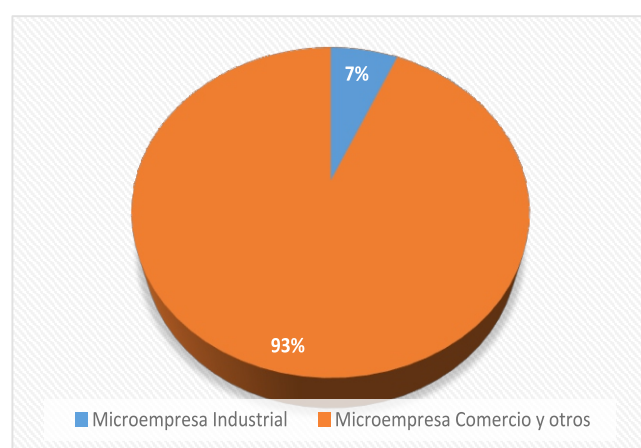


Figura 4. Distribución de pequeñas empresas por categoría de gran actividad en Huamanga.

En conclusión, en esta parte se puede decir que de un total de 135 micro y pequeñas empresas industriales, 135 son microempresas y sólo 02 son pequeñas empresas.

En relación al segundo objetivo de la investigación: Segmentar las micro y pequeñas empresas según competencias de la OEFA, Gobierno Regional y Gobierno

Local, según normatividades.

En esta parte de la investigación se ha podido percibir lo siguiente:

- Se está llevando a cabo un proceso de transferencias graduales de competencias del Gobierno Regional al OEFA, en varios sectores.
- Por tanto, no se ha llevado procesos de fiscalización ambiental en el sector industrial y productivo.
- Por tanto, la segmentación por las consideraciones anteriores ha podido ser determinado, lo cual sería viable luego que el tema de competencias se pueda clarificar adecuadamente.

En relación al tercer objetivo de la investigación: Determinar el grado de cumplimiento de las normatividades ambientales en las micro y pequeñas empresas industriales en la provincia de Huamanga.

En esta parte de la investigación se aplicó las encuestas a los representantes de las pequeñas empresas definidas aleatoriamente, con derecho de reserva por petición de los intervenidos, concordantes con el tamaño de la muestra y su distribución a nivel de pequeñas y microempresas, pero sólo del sector industrial, por el alcance de la investigación.

Respecto a la primera pregunta referida al conocimiento de la fiscalización ambiental, se encontró que sólo el 11% conoce totalmente los alcances de la fiscalización ambiental y un 19% de manera parcial; un contundente 70% no conoce los aspectos relacionados a la fiscalización ambiental.

Respecto a la segunda pregunta referida a la utilización de instrumentos de adecuación a la normatividad de cumplimiento ambiental, se encontró que un 0% si utiliza los instrumentos, un 11% está en proceso de trabajo y un 89% no utiliza ni está en proceso de trabajo. Esto es un aspecto sumamente preocupante y que podría establecer la efectividad de los organismos a cargo de la fiscalización ambiental.

Respecto a la tercera pregunta referida a capacitación y asistencia técnica sobre fiscalización ambiental, se encontró que el 82% no recibió capacitación y/o asistencia técnica sobre fiscalización ambiental, siendo sólo el 18% que recibió estos alcances. Esto también es un aspecto sumamente preocupante porque es el punto de partida para que las empresas puedan cumplir los aspectos de cumplimiento ambiental.

Respecto a la cuarta pregunta referida a competencias sobre fiscalización ambiental se encontró que el 93% no conoce o no está claro en las competencias sobre fiscalización ambiental ya sea del OEFA o el Gobierno Regional.

Los aspectos finales de la discusión de resultados podemos resumirlo en lo siguiente:

- De acuerdo a la información y a los resultados obtenidos, validamos la hipótesis central, porque pudo establecerse la línea basal en los ejes más importantes como un proceso de trabajo de investigación con alcances

mayores, pero que permite que los decisores puedan mirar el mapa actual para implementar acciones que reviertan la situación encontrada.

- Respecto a la primera sub hipótesis, se encontró en la investigación, en esta parte, que las micro y pequeñas empresas se concentran potencialmente en Huamanga (81%), seguido en porcentajes muy menores en Huanta, La Mar y Lucanas, el resto tiene porcentajes alrededor del 1%.
- En la provincia de Huamanga se concentra alrededor del 81% de micro y pequeñas empresas, teniéndose un total de 2064 microempresas y 137 pequeñas empresas. No se tiene registrada medianas empresas, ni se pudo constatar en el trabajo de investigación.
- Para efectos de segmentar adecuadamente al trabajo de investigación se realizó el trabajo de sistematizar la información por gran actividad económica, es decir el sector industrial que el segmento del trabajo de investigación y la parte comercial que es predominante con otros.
- Para el caso de las microempresas, se encontró que sólo el 7% de microempresas registradas (136) y en estado de activo en la provincia de Huamanga corresponden al sector industrial, y el 93% a la parte comercial y otros (1928).
- Por otra parte, por actividad económica de las microempresas en la provincia de Huamanga, se encontró que la mayor actividad es la fabricación de muebles con un 29%, prendas de vestir con un 25%, elaboración de panadería con 8%, elaboración de productos lácteos con 7%, y elaboración de productos de molinería con 4%.
- Por otra parte, en relación a las pequeñas empresas del sector industrial se ha determinado que sólo 02 pequeñas empresas de un total de 137 (1%), corresponden este sector siendo la diferencia, o sea 99% a la pequeña empresa ligada al comercio y otros.
- Esto muestra que la región no tiene mayor vocación de hacer industria o los gestores de desarrollo no incentivan a ello.
- Respecto a la segunda sub hipótesis, se señala que se está llevando a cabo un proceso de transferencias graduales de competencias del Gobierno Regional al OEFA, en varios sectores, por tanto, no se ha llevado procesos de fiscalización ambiental en el sector industrial y productivo.
- La segmentación por las consideraciones anteriores ha podido ser determinado, lo cual sería viable luego que el tema de competencias se pueda clarificar adecuadamente.
- Respecto a la tercera sub hipótesis se encontró y se validó, porque un gran porcentaje de empresas micro y pequeñas de la provincia de Huamanga, no tiene

conocimiento de legislación ambiental, no implementan instrumentos de adecuación y no reciben mayor capacitación y/o asistencia técnica para cumplir lo requerido por la fiscalización ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco, H. (2003). Planeamiento del Desarrollo Local. CEPAL. Publicación de las Naciones Unidas. Santiago de Chile
- CEPAL. (1998). N.U. Manual de Desarrollo Local. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Fanelli J., Jiménez J., López I. (2015). La reforma fiscal ambiental en América Latina. CEPAL/ILPES
- Hernández G., Palomino G. (2004). Propuesta metodológica para el proceso de desarrollo regional articulado con la gestión de proyectos de inversión. Lima-Perú.
- Hernández R., Fernández C., Baptista P. (2002). Fundamentos de Metodología de la Investigación. Editorial Mc Graw Hill. 2da. Edición. España.
- Navarro H. (2005). Manual para la Evaluación de Impacto de Proyectos y Programas contra la Lucha contra la Pobreza. ILPES-CEPAL.
- Ortegón E., Pacheco J., Prieto A. (2005). Metodología del Marco Lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. CEPAL/ILPES.
- Palomino G. (2000). Fundamentos Básicos para la Formulación y Evaluación de Proyectos. UNSCH.
- Roura H., Cepeda H. (1999). Manual de Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Desarrollo Rural. ILPES/CEPAL. Santiago de Chile.

CIENCIAS FÍSICO-MATEMÁTICAS E INFORMÁTICA

ANÁLISIS ESPECTRAL DE LA VEGETACIÓN DE BOFEDAL CON EL ESPECTRORADIÓMETRO “FIELDSPEC4” E IMÁGENES DE SATELITE SENTINEL2, EN LA CABECERA DE CUENCA CACHI-APACHETA, REGIÓN AYACUCHO

Wilmer Moncada Sosa, Alex Pereda Medina

Unidad de Investigación e Innovación de Ingeniería de Minas Geología y Civil

Programa de Física - Área de Biofísica

E-mail: wilmer.moncada@unsch.edu.pe

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo analizar las firmas espectrales de la vegetación de bofedal, suelo y agua con el espectroradiómetro “Field Spec4”, para su clasificación en las imágenes de satélite Sentinel-2, de la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta, Región Ayacucho. La corrección atmosférica de las imágenes Sentinel 2 se realizan con el programa Sen2Cor como herramienta del software SNAP. Para la caracterización de la vegetación, suelo y agua se ingresa la firma espectral de cada especie de vegetación según su longitud de onda correspondiente a su valor de reflectancia para cada una de las doce bandas de la imagen Sentinel-2 con resolución espacial de 20 m. En el mapeado de la clasificación de las 16 especies vegetales, suelo y agua, se ha encontrado que la vegetación de bofedal con mayor cobertura de área es la colonia de vegetación conformada por *Stipa sp.*, *Alchemilla Pinnata*, *Plantago Sericea*, *Luzula Peruviana*, de aproximadamente 3679,92 Ha equivalente al 25,65 %. La especie vegetal contenida en suelo seco abarca un área de 2547,12 Ha equivalente al 17,75 %. La zona de suelo arenoso cubre un área de 1413,72 Ha equivalente al 9,85 %. Las lagunas y zonas con agua alcanzan un área de 31,48 Ha equivalente al 0.23 % del área total.

Palabras clave: Sentinel 2. Firma Espectral. Bofedal.

SPECTRAL ANALYSIS OF THE VEGETATION OF BOFEDAL WITH THE SPECTRORADOMETER "FIELDSPEC4" AND SATELITE IMAGES SENTINEL2, IN THE CACHI-APACHETA BASIN HEADER, AYACUCHO REGION

ABSTRACT

The purpose of this research project is to analyze the spectral signatures of the bofedal vegetation, soil and water with the “Field Spec4” spectroradiometer, for classification in the Sentinel-2 satellite images, of the Cachi-Apacheta basin header, Ayacucho region. Atmospheric correction of Sentinel 2 images is performed with the Sen2Cor program as a tool for SNAP software. For the characterization of the vegetation, soil and water, the spectral signature of each species of vegetation is entered according to its wavelength corresponding to its reflectance value for each of the twelve bands of the Sentinel-2 image with a spatial resolution of 20 m. In the mapping of the classification of the 16 plant species, soil and water, it has been found that the bofedal vegetation with greater area coverage is the vegetation colony formed by *Stipa sp.*, *Alchemilla Pinnata*, *Plantago Sericea*, *Luzula Peruviana*, of approximately 3679.92 hectares equivalent to 25.65%. The plant species contained in dry soil covers an area of 2547.12 Ha equivalent to 17.75%. The sandy soil zone covers an area of 1413.72 hectares equivalent to 9.85%. The lagoons and areas with water reach an area of 31.48 hectares equivalent to 0.23% of the total area.

Keywords: Sentinel 2. Spectral signature. Bofedal.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta, perteneciente a la cuenca Cachi en la Región Ayacucho, se ha convertido en la principal fuente proveedora de agua para toda la población Ayacuchana, de donde se recolecta agua en la primera bocatoma Apacheta para ser trasladada por trabase a la represa de Cuchoquesera y cuyo monitoreo se puede realizar mediante el uso de imágenes de satélite Landsat para la cuantificación hidrológica de la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta (Moncada et al., 2015). Apacheta no es ajena a la intervención de la mano del hombre y a la influencia climática dentro del contexto de cambio global, por lo que es de suma importancia monitorear la dinámica de sus

ecosistemas de humedales para el buen manejo de la microcuenca (Henao, 1988). Una de las herramientas de mejor uso y de fácil acceso es el manejo de las imágenes Sentinel 2 de resolución media y mejor aún de libre disponibilidad (European Space Agency 2017). La presente investigación da respuesta a la pregunta ¿En qué medida las firmas espectrales de la vegetación de bofedal, suelo y agua medidos con el espectroradiómetro “Field Spec4”, permiten su clasificación en las imágenes de satélite Sentinel-2, de la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta, Región Ayacucho?, de esta manera se plantea una metodología que consiste en aprovechar el uso de las firmas espectrales tomadas con el espectroradiómetro Field Spec4 para determinar vegetación, suelo y agua (ASD Inc., 2017).

El análisis de las firmas espectrales de la vegetación de bofedal, permite caracterizarlos en las imágenes de satélite mediante el método de reconocimiento de distintos tipos de cobertura de vegetación en los bofedales que se logra evaluando las firmas espectrales (enmembers) en cada pixel de las imágenes de satélite Sentinel 2 (Daniel Marín, 2017), en función de sus valores de reflectancia lo cual es comúnmente necesario para la clasificación, que consiste en asignar un conjunto de objetos en la imagen digital a un conjunto de clases predefinidas que conforman los componentes de la vegetación en un bofedal por encima de los 4000 m.s.n.m. Los distintos tipos de coberturas de vegetación como bosques, suelos cultivados, láminas de agua, ecosistemas de humedales o bofedales, se distinguen por la energía que reflejan y emiten por el sol. Estos “espectros” que caracterizan el tipo de cubierta vegetal observada constituyen su firma espectral, la cual se define como el comportamiento diferencial que presenta la radiación reflejada (reflectancia) o emitida (emitancia) desde algún tipo de superficie u objeto terrestre en los distintos rangos del espectro electromagnético. Una forma gráfica de estudiar este comportamiento es disponer los datos de reflectancia (%) en el eje Y de las ordenadas y la longitud de onda λ en el eje X de las abscisas. Al unir los puntos con una línea continua se origina una representación bidimensional de la firma espectral. El espectraloradiómetro “Field Spec4” de alta resolución espectral está diseñado para medir las firmas espectrales con más precisión y con una amplia gama de patrones espectrales (350 nm a 2500 nm). Ambas formas de medición de las firmas espectrales y el análisis espectral corresponde al método de diferenciación numérica y métodos de correlación estadística, lo cual permite encontrar

patrones espectrales propios de los tipos de vegetación que conforman el pixel de la imagen de satélite — (Sonobe et al., 2018).

El método utilizado es una alternativa rápida, repetible, evaluable y de bajo costo para describir la cobertura y tipo de vegetación que componen las áreas extensas de los bofedales y monitorear su cambio a lo largo del tiempo, en la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta, Región Ayacucho, mediante las firmas espectrales de la vegetación de bofedal medidos con el espectraloradiómetro Field Spec4, caracterizados en las imágenes de satélite Sentinel 2, y así ubicar su cobertura de vegetación en los bofedales de la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta, Región Ayacucho.

MATERIAL Y MÉTODOS

La figura 1, muestra la ubicación demográfica de la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta, ubicada en las alturas de la cuenca Cachi, provincia de Cangallo, Región Ayacucho. Por el norte es compartida con la provincia de Huaytara en el departamento de Huancavelica. Posee un área de superficie de 14348,21 Ha. Se ubica en el huso WGS84-18S, enmarcada entre las coordenadas geográficas 13° 17' 5.32" S (526046.418228 UTM) y 13° 26' 12.417" S (540755.87805 UTM) latitud sur y entre los 74° 37' 24.599" W (8514530.22427 UTM) y 74° 45' 34.324" W (8531355.20191 UTM) longitud oeste. Tiene una altitud media de 4651 m.s.n.m., su altura mínima es 4112 m.s.n.m. y su altura máxima es 5045 m.s.n.m. (Pereda et al., 2018).

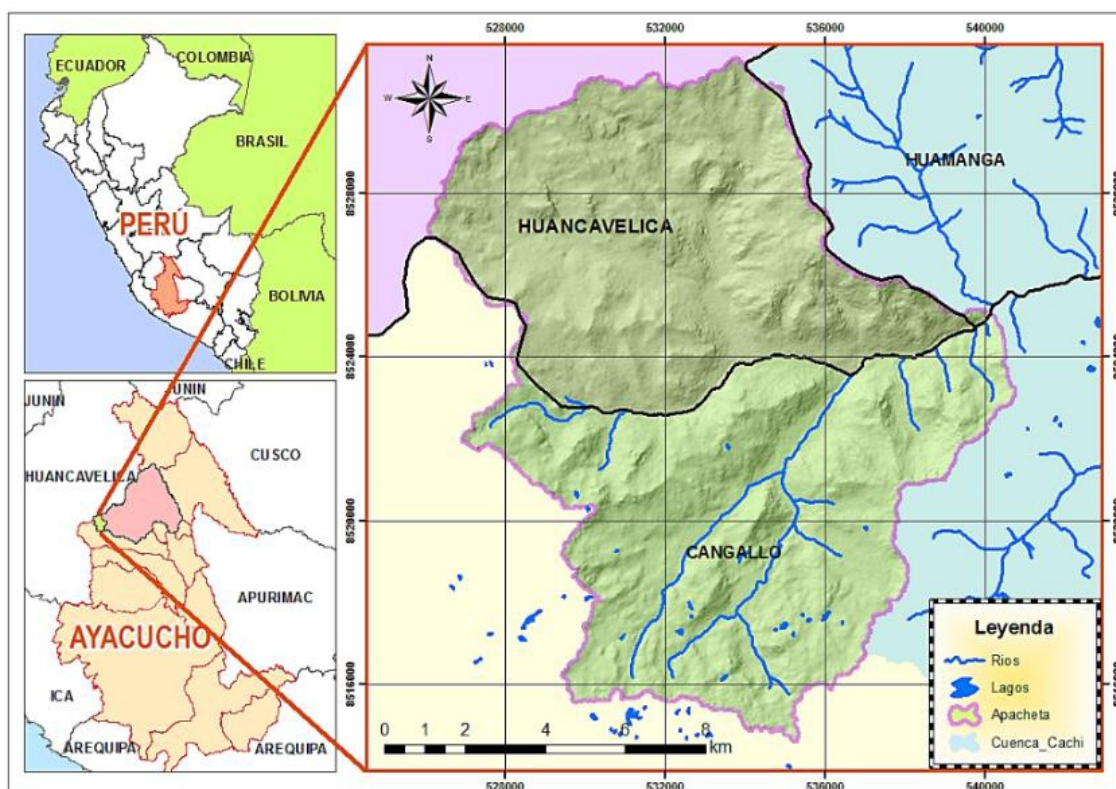


Fig. 1. Ubicación Geográfica de la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta, Región Ayacucho.

Las imágenes ópticas Sentinel 2 se procesan con el software SNAP, en donde se hace uso de la herramienta Sen2Cor para la corrección atmosférica de las imágenes, lo cual permite generar valores de reflectancia entre 0 y 1. Este rango de valores permite la detección de cambios y el establecimiento de un valor de reflectancia para la longitud de onda de cada banda de la imagen de satélite Sentinel 2 con resolución de 20 m por pixel, además de tomar en cuenta los datos proporcionados por la estación meteorológica Apacheta de patrones climatológicos como la precipitación, temperatura, velocidad de viento, dichos patrones son influyentes en la cobertura de vegetación, suelo, agua y por ende el uso de suelo en la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta (Sola et al., 2018).

En primer término, la metodología involucra indicadores y descriptores biofísicos como información acerca del estado de vegetación, evapotranspiración y humedad de los humedales de la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta, estableciendo correlaciones y relaciones de causa-efecto, con parámetros climáticos (precipitación, temperatura, humedad, velocidad de viento, evaporación), con respecto a los parámetros morfométricos de humedales de la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta. En segundo término, los estudios conllevan a la identificación de las principales especies vegetales caracterizadas a través de las firmas espectrales, mediante el procesamiento de imágenes de satélite Sentinel 2A y 2B, identificados en los bofedales de la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta, así como el indicador de vegetación NDVI y la determinación de las firmas espectrales de las diferentes especies de vegetación.

En las imágenes Sentinel 2, se realiza la caracterización de las principales especies vegetales mediante su firma espectral medida con el espectroradiómetro Field Spec4 del

Laboratorio de Teledetección y Energías Renovables LABTELER-UNSCH, por lo que se propone un proceso de aprendizaje iterativo que involucra el análisis de datos satelitales, datos de campo, generación de mapas temáticos, validación y análisis de correlaciones. Con el espectroradiómetro "Field Spec4", se realiza la medida de las firmas espectrales de 16 especies de vegetación en los bofedales de la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta. Se determinan las firmas espectrales de la vegetación en los bofedales tomadas por el espectroradiómetro "Field Spec4" y se identifican los nombres de la vegetación que componen a los bofedales, su cobertura espacial de suelo y agua. El procedimiento permite la aplicación del método de la mínima distancia a la data espectral para la precisión de la clasificación de especies de vegetación y coberturas de suelo y agua.

La metodología que aquí se propone involucra el análisis de datos satelitales Sentinel 2, datos de campo como las firmas espectrales de la vegetación de bofedal y puntos de GPS, generación de mapas temáticos de la clasificación de vegetación, suelo y agua, validación de los resultados, análisis de correlaciones y análisis de las firmas espectrales tomadas con el espectroradiómetro Fiel spec4 y de las Imágenes Sentinel-2. Así mismo, se hace uso del espectroradiómetro Field Spec4 para la obtención de las firmas espectrales de la vegetación, suelo y agua para el contraste de resultados y validación de la data satelital. Complementariamente, se utilizan los datos de la estación meteorológica Apacheta para verificar la cobertura de vegetación ante la presencia de precipitación en la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta. El pre procesamiento y procesamiento de la imagen Sentinel 2, para la clasificación de la vegetación, suelo y agua del área en estudio, sigue los siguientes pasos:

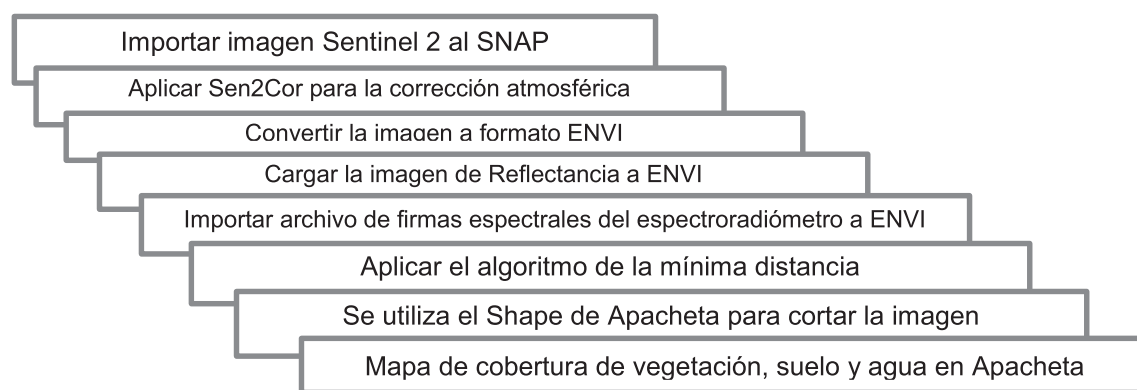


Fig. 2. Pre procesamiento y procesamiento de imágenes Sentinel 2 y la aplicación de firmas espectrales de las especies vegetales, suelo y agua en la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta, Región Ayacucho.

La vegetación, suelo y agua a clasificar deben estar en un archivo ASCII o Txt, el cual contiene valores de reflectancia del *Aciachne Pulvinata* / *Muhlenbergia Fastigiata*; *Graminea* sp. / *Muhlenbergia Fastigiata*; *Stipa* sp. / *Alchemilla Pinnata* / *Plantago Sericea* / *Luzula Peruviana*; *Stipa Ichu*; *Graminea*

sp; *Flavoparmelia Caperata*; *Alchemilla Pinnata* / Suelo Húmedo; *Werneria Pygmaea* / *Plantago Tubulosa*; *Alchemilla Pinnata*; Vegetación con Suelo Seco; Roca; *Plantago Rigida*; Arena; Piedra de Rio; Rio; Agua.

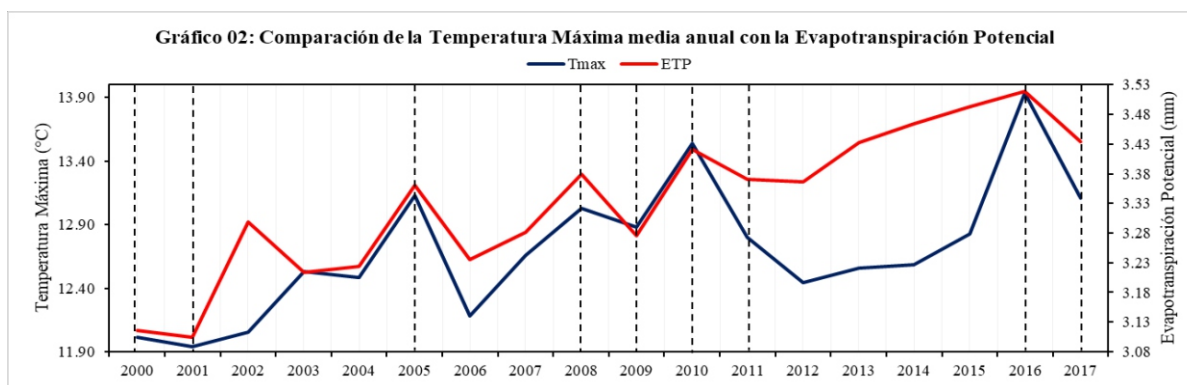
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. El análisis de los patrones climáticos como indicadores biofísicos de la dinámica espacial de humedales, corresponden a los datos de la estación meteorológica Apacheta.
- 2.



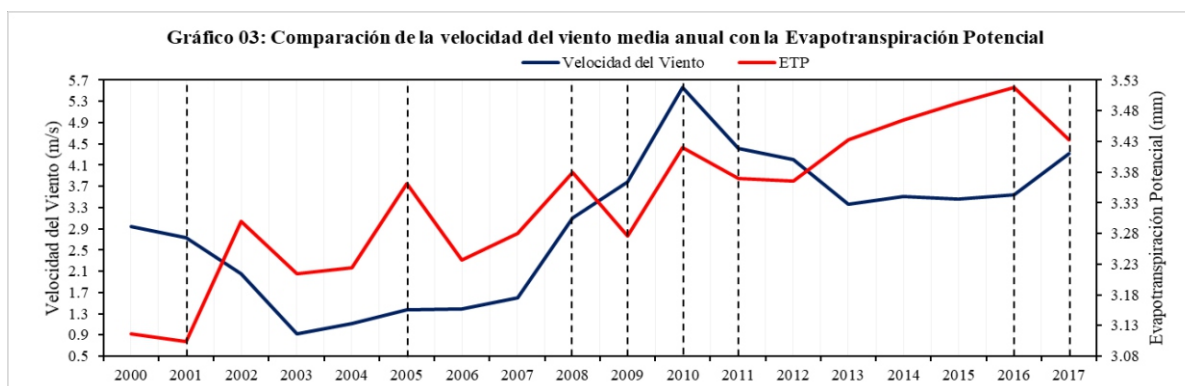
Interpretación: El gráfico 01, muestra la comparación de la precipitación acumulada anual con la evapotranspiración potencial media anual de la Cabecera de Cuenca Cachi-Apacheta, presenta movimientos ascendentes y descendentes recurrentes, donde se observa para ambos casos una

tendencia anual positiva, además se observa un comportamiento inverso para algunos años donde existen picos altos de precipitación y a la vez picos bajos de evapotranspiración con ocurre con los años 2008, 2009, 2010, 2011, 2016 y 2017.



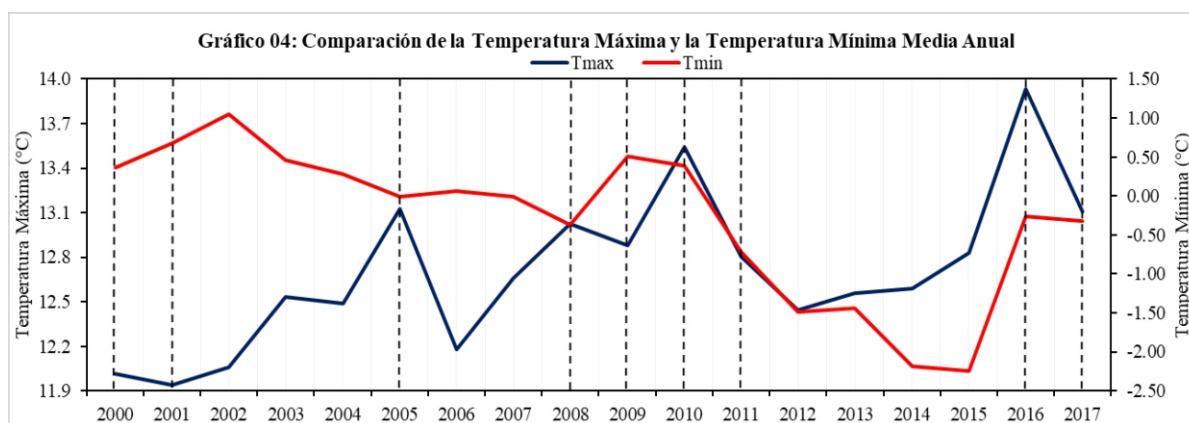
Interpretación: El gráfico 02, muestra fluctuaciones cíclicas de la secuencia anual de la temperatura máxima en comparación con la evapotranspiración potencial media anual de la Cabecera de Cuenca Cachi-Apacheta, Región

Ayacucho durante el periodo 2000 al 2017, se observa que el comportamiento es directamente proporcional entre ambos en los picos altos correspondientes a los años 2005, 2008, 2010 y 2016, con una ligera tendencia positiva.



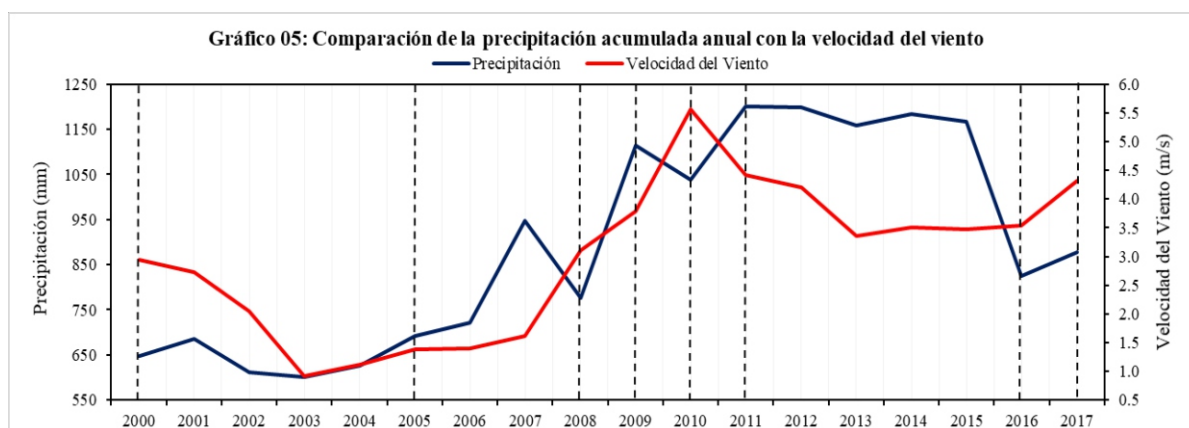
Interpretación: En el gráfico 03, se observa las fluctuaciones cíclicas de la secuencia mensual de la velocidad del viento media anual comparación con la evapotranspiración potencial media anual de la Cabecera de Cuenca Cachi-Apacheta de la Región Ayacucho durante el

periodo 2000 al 2017, se observa que existe una correspondencia directa para algunos años como en el 2005, 2008, 2010 y un comportamiento inverso durante los años 2001, 2012, 2016 y 2017.



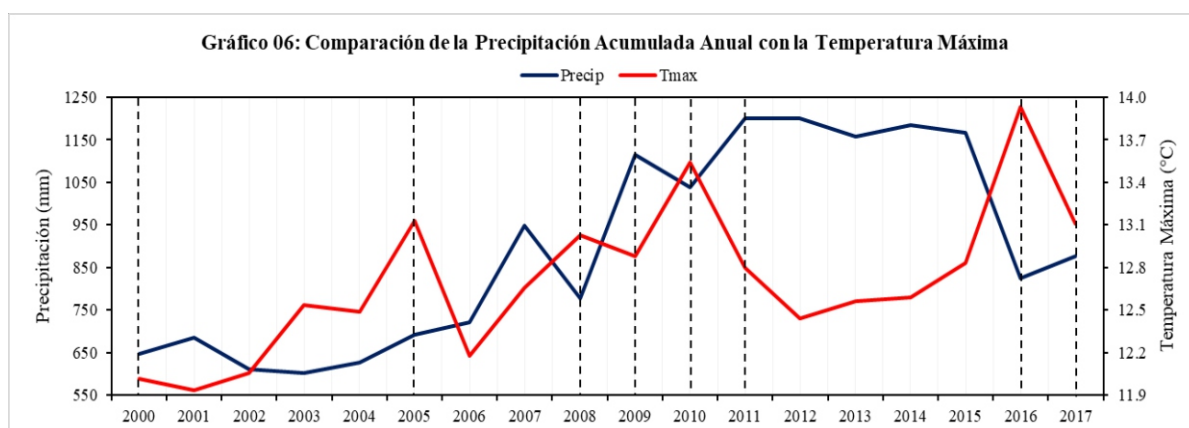
Interpretación: En el gráfico 04, muestra el comportamiento de la temperatura máxima y mínima media anual, de la Cabecera de Cuenca Cachi-Apacheta de la Región Ayacucho durante el periodo del 2000 al 2017, se

observa que ambos mantienen una correspondencia directa a partir del año 2010 hasta el año 2016, con una ligera tendencia a incrementarse para ambas temperaturas.



Interpretación: En el gráfico 5, muestra la comparación entre la precipitación acumulada anual con la velocidad del viento de la Cabecera de Cuenca Cachi-Apacheta de la Región Ayacucho durante el periodo del 2000 al 2017, cuya

tendencia presenta variaciones cíclicas del comportamiento entre ambos guardan una correspondencia directa con una ligera tendencia a incrementarse.



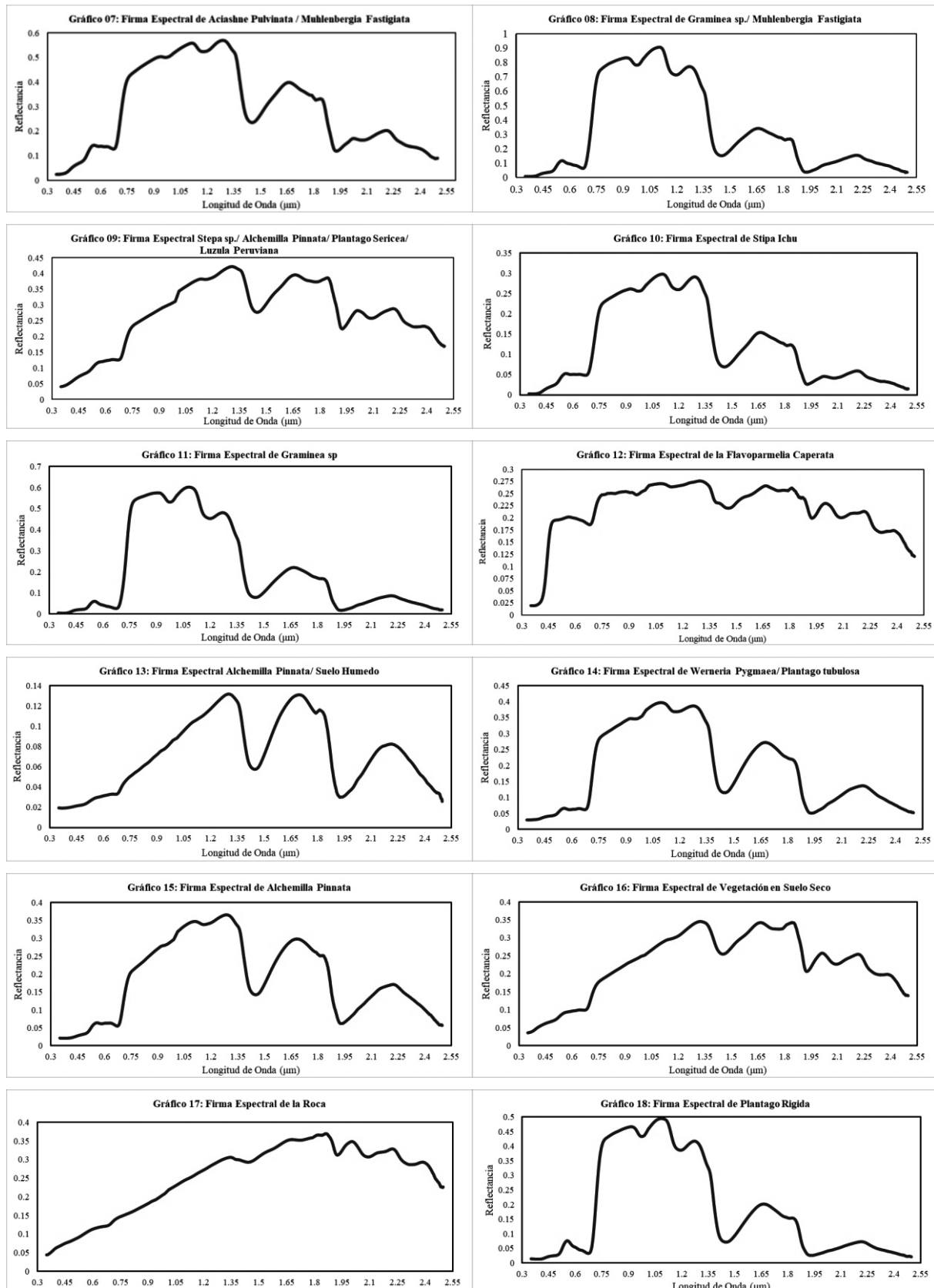
Interpretación: En el gráfico 6, muestra la comparación entre la precipitación acumulada anual con la temperatura máxima de la Cabecera de Cuenca Cachi-Apacheta de la Región Ayacucho durante el periodo del 2000 al 2017, donde

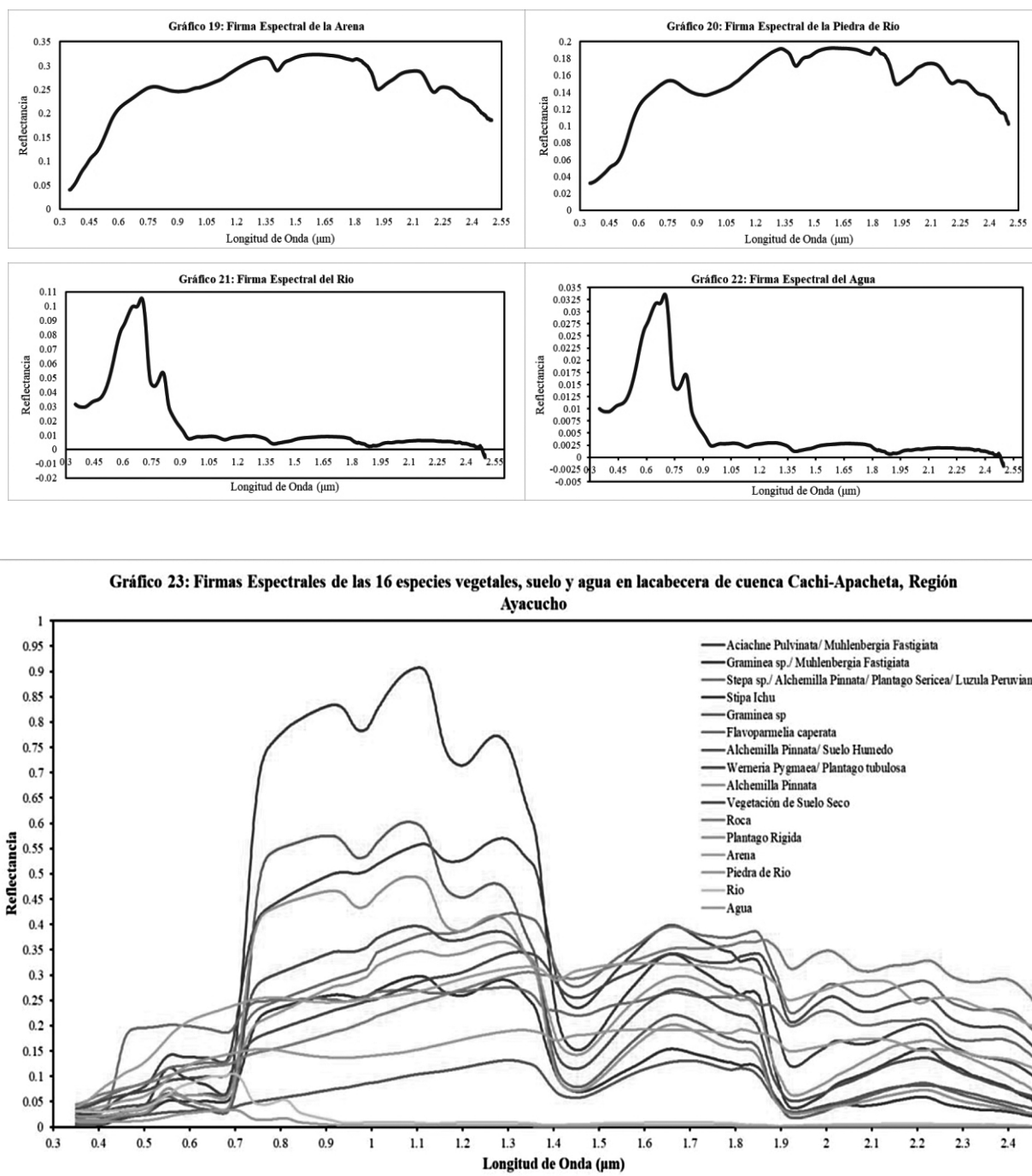
se observa que para algunos años su comportamiento es inverso, como sucede en los años 2000, 2001, 2003, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2015, 2016 y 2017.

3. La tabla 1, muestra las firmas espectrales de los 16 tipos de vegetación, suelo y agua analizados en los bofedales de Apacheta de la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta, Región Ayacucho, donde se observa el comportamiento de la firma espectral para cada tipo de especie de vegetación, suelo y agua, mostrando factores relacionados a su

reflectancia con respecto a la longitud de onda de las bandas espectrales que dependen de manera directa con la proporción de las hojas, lignina y el efecto del suelo, la geometría de las hojas y los ángulos de observación de éstas.

Tabla 1. Firmas espectrales de las especies vegetales, suelos y agua en la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta.





4. La figura 2, muestra el resultado de la clasificación del área en estudio mediante la introducción de las firmas espectrales de las diferentes especies vegetales, suelo y agua, los cuales dan lugar a un mapa de cobertura de uso de suelo de la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta con las áreas involucradas para las diferentes especies vegetales, suelo y agua, que están clasificadas por colores. Se ha logrado determinar las firmas espectrales de la vegetación de bofedal, suelo y agua, caracterizados en las imágenes de satélite Sentinel 2, mediante la

determinación del área de cobertura de las 16 especies de vegetación, suelo y agua, siendo las vegetaciones de los bofedales con mayor cobertura de área la colonia de vegetación conformada por *Stipa sp.*, *Alchemilla Pinnata*, *Plantago Sericea*, *Luzula Peruviana*, de aproximadamente 3679.92 Ha, seguido de la especie vegetal contenida en suelo seco con 2547.12 Ha. En la zona de suelo desnudo se visualizan áreas extensas de suelo arenoso de 1413.72 Ha. Las lagunas y zonas con agua llegan a alcanzar un área de 31,48 Ha.

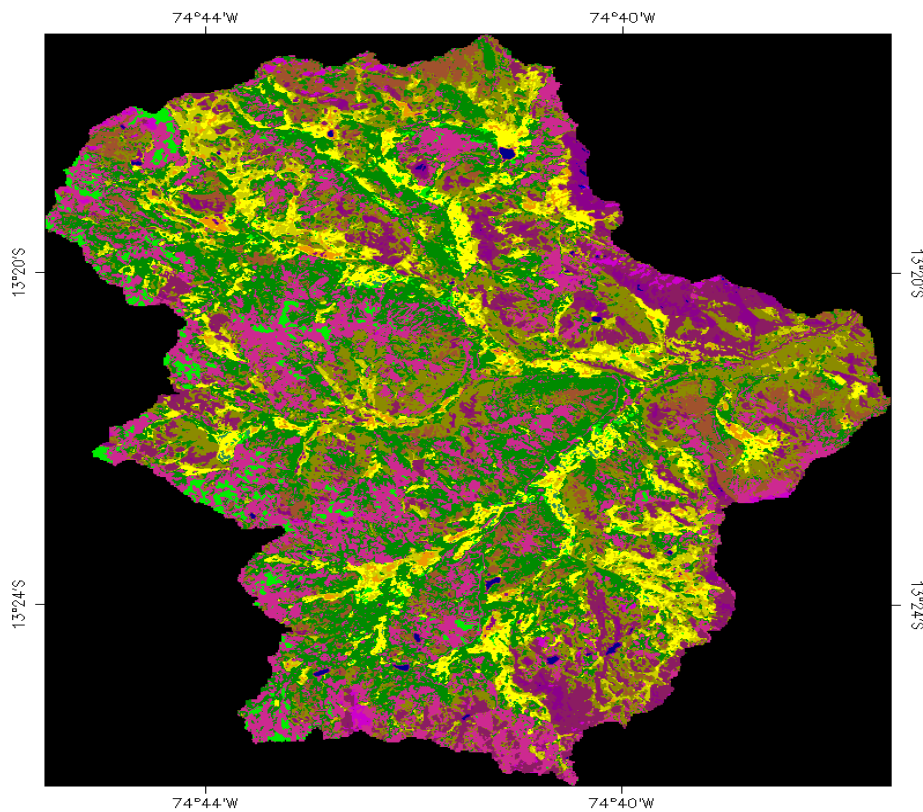


Figura 2. Mapa de clasificación de las 16 especies de vegetación, suelo y agua procesada en la imagen de satélite Sentinel 2B de Fecha 05 de setiembre de 2018, a partir de las firmas espectrales tomadas con el espectroradiómetro Field Spec4.

5. En la tabla 2 muestra las 16 especies de vegetación, suelo y agua a partir de las firmas espectrales tomadas con el espectro radiómetro Field Spec 4, estas firmas espectrales se introducen con ayuda del software ENVI y se procede a clasificar las zonas haciendo uso del algoritmo de la mínima distancia. Se ha logrado determinar las firmas espectrales de la vegetación de bofedal, medidos con el espectroradiómetro

“FIELDSPEC4”, en la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta. Las firmas espectrales de las 16 especies de vegetación, suelo y agua, se han logrado introducir al software ENVI 5.3 para su clasificación en las imágenes de satélite Sentinel 2, cuyo resultado fue muy optimo en comparación con otros métodos, dado que la firma espectral es un método físico la cual es única para cada especie de planta, suelo o agua.

Tabla 2. Área de las 16 especies de vegetación, suelo y agua clasificados en la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta, Región Ayacucho.

Clase	Descripción	Color	Nº Puntos	Área (Ha)	%
1	<i>Aciachne Pulvinata</i> / <i>Muhlenbergia Fastigiata</i>	Green1	9305	372.2	2.59
2	<i>Stipa sp</i> / <i>Alchemilla Pinnata</i> / <i>Plantago Sericea</i> / <i>Luzula</i>	Green3	91998	3679.92	25.65
3	<i>Peruviana</i>	Orange3	3932	157.28	1.10
4	<i>Flavoparmelia Caperata</i>	Magenta2	2924	116.96	0.82
5	<i>Alchemilla Pinnata</i> / Suelo Húmedo	Magenta3	8001	320.04	2.23
6	<i>Werneria Pygmaea</i> / <i>Plantago Tubulosa</i>	Yellow1	24828	993.12	6.92
7	<i>Alchemilla Pinnata</i>	Yellow2	23545	941.8	6.56
8	Vegetación en Suelo Seco	Yellow3	63678	2547.12	17.75
9	Roca	Sienna	21554	862.16	6.01
10	<i>Plantago Rigida</i>	Sea Green	802	32.08	0.22
11	Arena de Río	Marron2	67454	2698.16	18.80
12	Piedra de Río	Marron3	35343	1413.72	9.85
13	Agua en el Río	Blue1	20	0.8	0.01
14	Agua de Lago	Blue3	787	31.48	0.22

6. Las figura 3, muestra la imagen de las firmas espectrales de las especies vegetales, suelo y agua, tomadas con el espectro radiómetro Field Spec 4, introducidas en el software ENVI en donde se les denomina enmembers, para su clasificación en la imagen Sentinel 2 de la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta, Región Ayacucho,

el código de colores utilizado se describe en el cuadro 02, y difiere sus formas de la imagen de firmas espectrales presentado en el cuadro 01, dado que para su introducción es necesario colocar el valor de la reflectancia correspondiente a cada longitud de onda de cada banda de la imagen Sentinel 2 a clasificar.

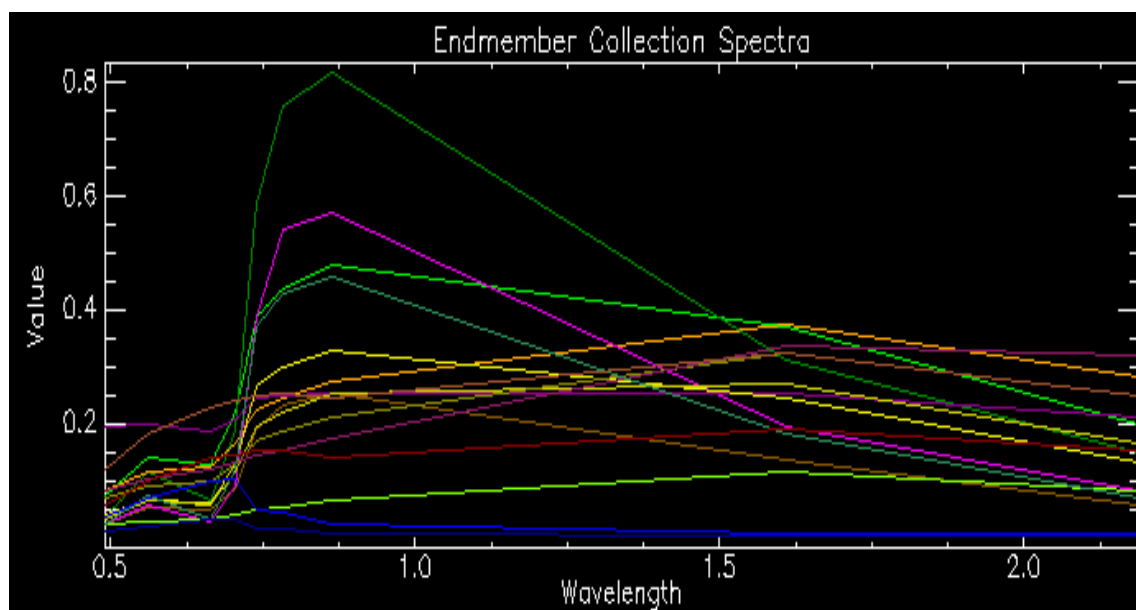
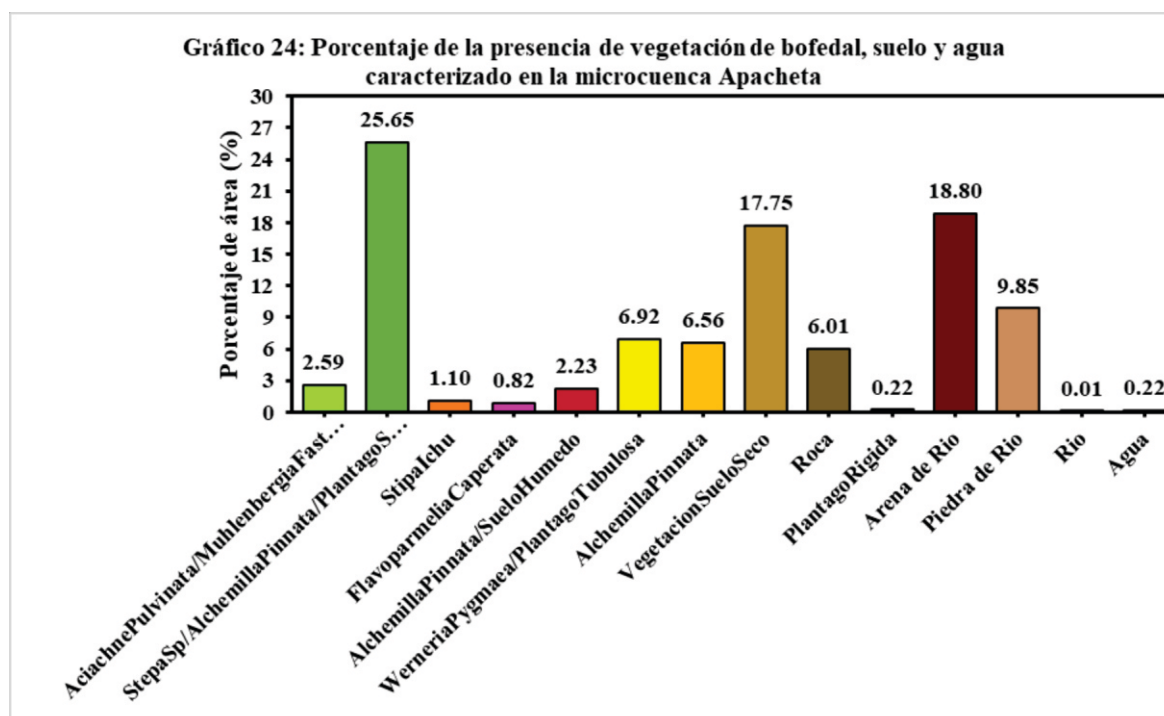


Figura 3. Firmas espectrales de especies vegetales, suelo y agua, correspondiente a las 16 especies de vegetación, suelo y agua, tomadas con el espectro radiómetro Field Spec4 y evaluadas en las imágenes Sentinel 2 con el software ENVI 5.3

7. El gráfico 24, muestra el porcentaje del área de cobertura de las 16 especies de vegetación de bofedal, suelo y agua caracterizados en la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta, Región Ayacucho, donde se observa que la vegetación *Stipa sp.*, *Alchemilla Pinnata*, *Plantago*

Sericea, *Luzula Peruviana*, conforman un área equivalente al 25,65%, las lagunas y zonas con agua llegan a alcanzar un área equivalente al 0,23% del área total.



AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Teledetección y Energías Renovables LABTELER de la Escuela Profesional de Ciencias Físico Matemáticas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por permitir el uso de sus ambientes y equipos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASD Inc., 2017. FieldSpec 4 Hi-Res High Resolution Spectroradiometer [www Document]. URL <https://www.asdi.com/products-and-services/fieldspec-spectroradiometers/fieldspec-4-hi-res> (accessed 11.8.17).

Daniel Marín, 2017. Puesto en órbita el Sentinel 2B (Vega VV09) [www Document]. Eureka. URL <http://danielmarin.naukas.com/2017/03/07/puesto-en-orbita-el-sentinel-2b-vega-vv09/> (accessed 11.8.17).

Henao, J., 1988. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Universidad Santo Tomas, Bogotá.

Moncada, W., Pereda, A., Aldana, C., Masías, M., Jiménez, J., 2015. Cuantificación hidrográfica de la cuenca del río Cachi-Ayacucho, mediante imágenes satelitales. Inst. Investig. Científica E Innov. Tecnológica UNSCH II.

Pereda, A., Moncada, W., Verde, L., 2018. Respuesta nival de la cabecera de cuenca Cachi-Apacheta de Ayacucho. Editorial Académica Española, Perú.

Sola, I., García-Martín, A., Sandónis-Pozo, L., Álvarez-Mozos, J., Pérez-Cabello, F., González-Audicana, M., Montorio Llovería, R., 2018. Assessment of atmospheric correction methods for Sentinel-2 images in Mediterranean landscapes. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation 73, 63–76. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.05.020>

Sonobe, R., Sano, T., Horie, H., 2018. Using spectral reflectance to estimate leaf chlorophyll content of tea with shading treatments. Biosyst. Eng. 175, 168–182. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.09.018>

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACUMULADOR SOLAR TÉRMICO MEDIANTE CAMBIO DE FASE PARA OPTIMIZAR EL SECADO EN UN SECADOR SOLAR

Kléber Janampa Quispe, Octavio Cerón Balboa, Julio Oré García, Oswaldo Morales Morales

Unidad de Investigación e Innovación de Ingeniería de Minas Geología y Civil

Programa de Física Aplicada – Área de Energías Renovables

E_mail: kleber_jq@yahoo.es

RESUMEN

En el presente trabajo se diseña y construye un acumulador solar térmico mediante el principio de cambio de fase para optimizar el secado de productos de consumo familiar en un secador solar; el material de cambio de fase utilizado fue la parafina (cera) por sus propiedades térmicas y temperatura de fusión que se encuentra en torno a la temperatura de operación de un secador solar que es de 53 °C. El sistema acumulador incorporado en el secador dispone unidades modulares de doce cilindros de aluminio reciclados obtenidos del recipiente de bebidas gaseosas. Cada cilindro se llena con parafina, en cuyo interior se incorporaron aletas conductoras térmicas, lo que permite el flujo de calor al exterior. Como resultado se ha mejorado la inestabilidad de la disponibilidad de la energía solar y se ha logrado aumentar el tiempo de secado en un orden de 2 h sin intervención de la radiación solar, con una temperatura del aire mayor a 30 °C previamente sometido a una radiación solar media de 533 W/m².

Palabras clave: Acumulador térmico, material de cambio de fase, secador solar.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF THERMAL SOLAR ACCUMULATOR THROUGH PHASE CHANGE TO OPTIMIZE DRYING IN A SOLAR DRYER

ABSTRACT

In the present work, a solar thermal accumulator is designed and built using the principle of phase change to optimize the drying of products for family consumption in a solar dryer; The phase change material used was paraffin (wax) for its thermal properties and melting temperature that is around the operating temperature of a solar dryer that is 53 °C. The accumulator system incorporated in the dryer has modular units of twelve recycled aluminum cylinders obtained from the gaseous beverage container. Each cylinder is filled with paraffin, inside which thermal conductive fins were incorporated, which allows the flow of heat to the outside. As a result, the instability of the availability of solar energy has been improved and the drying time has been increased by an order of 2 h without the intervention of solar radiation, with an air temperature greater than 30 °C previously subjected to radiation average solar of 533 W/m².

Keywords: Thermal accumulator, phase change material, Solar dryer.

INTRODUCCIÓN

Las aplicaciones de la energía solar, tiene entre sus mayores limitaciones la disponibilidad de energía intermitente que genera un rendimiento inestable y diseños poco confiables sobre todo en el horario nocturno (Escobar-Ochoa, et al 2017). Por lo que es necesario generar alternativas que permitan alargar el proceso de secado durante horas que no hay incidencia de la radiación solar acumulando la energía durante las horas de sol. Los acumuladores solares térmicos se presentan como una alternativa para contrarrestar la inestabilidad temporal de la disponibilidad energética solar. Los acumuladores que actualmente genera mayor interés son los acumuladores que utilizan materiales de cambio de fase (PCM), donde se almacena la energía solar térmica durante el cambio de fase de ese material en forma de calor latente del fusión, estos acumuladores presentan una mayor densidad energética térmica acumulada en comparación a los acumuladores de calor sensible, a su vez presenta mayor estabilidad en la temperatura. Un material que abunda en nuestra localidad muy utilizado tradicionalmente es la parafina, cuyas propiedades térmicas son apropiadas para ser utilizadas como material de cambio de fase a temperaturas del orden de 53 °C a 61 °C (Campos et al, 2014) que corresponde a su temperatura de fusión; esta temperatura

corresponde a los valores apropiados del aire para la optimización del secado en horas adicionales a partir de momento que se interrumpe la radiación solar directa incidente sobre el secador.

En el presente trabajo se ha diseñado y construido un sistema de almacenamiento de energía térmica solar para optimizar el proceso de secado en un secador solar de uso familiar; el sistema dispone como unidades modulares, de doce cilindros de aluminio reciclados obtenidos del recipiente de bebidas gaseosas, estas unidades se encuentran espaciados simétricamente. Cada cilindro está lleno de parafina como material de cambio de fase. Para mejorar la transferencia de calor de la parafina al aire exterior, dado que la conductividad térmica de la parafina es menor, se ha dispuesto al interior un mallado de aluminio que tiene aletas conectando el interior del cilindro hacia el exterior. Se ha logrado aumentar el tiempo de secado en un orden de 2 h con una temperatura del aire del orden de 30 °C, para una radiación solar de 533 W/m².

Por otro lado, el presente trabajo se desarrolla dentro del marco de colaboración con el proyecto trianual 2015-2018 “La Energía Solar, Irradia Calor Para Alimentarnos” conjuntamente con El Comité Régional D'éducation Pour Le Développement International De Lanaudière (CREDIL –

JOLIETTE) Canada y la Red Ecológica Interinstitucional Hatun Sacha (REIHS). Asimismo este trabajo está en concordancia con los objetivos de la Asociación Peruana de Energía Solar y del Ambiente (APES), del cual somos socios activos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Método

Se ha utilizado la parafina (cera) como material de cambio de fase, dado que la conversión del estado sólido a líquido de la parafina tiene alto calor de fusión y su punto de transición de fase está en torno a la temperatura de operación de un secador solar de productos.

Para el diseño del acumulador de cambio de fase:

- Se caracteriza las propiedades térmicas del PCM seleccionado.
- El acumulador se basa en el principio de acumulación por calor latente e intercambiadores de calor.
- El dimensionamiento geométrico del sistema se caracteriza por ser modular y con materiales reciclados.

Para el secador solar:

- Se dimensiona sobre la concepción de secador solar familiar, que aprovecha la energía solar de modo directo e indirecta mediante flujo por efecto de gradiente de temperatura (pasivo y mixto).
- Se define la estructura y morfología del secador solar de manera que acondicione el óptimo funcionamiento del acumulador de cambio de fase.
- Se evalúa y optimiza los parámetros térmicos de funcionamiento del secador solar de cambio de fase:

Protocolos.

Materiales e Instrumentos

Para la construcción de un secador solar se ha utilizado madera prensada, aluminio anodizado, vidrio, estructura metálica. Para el sistema acumulador térmico, latas de aluminio reciclado, cera y pintura negra. Para la evaluación térmica se ha utilizado los siguientes instrumentos: Radiómetro: UNI-100 mV 1000 W/m², con lectura mínima de 10 W/m²; Anemómetro digital de copas giratorias de lectura mínima de 0.5 m/s; Data Logger de temperatura marca EBRO EBI 40 con sensibilidad de 0.1° C; Multímetro Fluke 179, sensibilidad voltaje: 0.01 V, intensidad de corriente: 1 mA; Medidor de conductividad térmica KD2 Pro y otros accesorios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. SECADOR SOLAR

1.1. Dimensionamiento del Secador Solar Mixto

Para dimensionar el secador solar se tomó en cuenta el contenido en base humedad del producto, la masa seca que corresponda a las condiciones climáticas del lugar. Del mismo modo para el dimensionamiento energético y dimensiones geométricas del secador se partió de la condición de un secador familiar, que permita secar productos en escala familiar, por ejemplo, secar papa, maíz, lúcuma, plantas aromáticas, etc. Para este trabajo se toma como referencia el secado de 1.5 kg de lúcuma. Por otro lado, se ha tenido en cuenta que la temperatura del aire para un mejor secado es de 40 a 70 °C (UNESCO, 2005).

Tabla 1. Dimensionamiento del secador solar mixto.

Características	Símbolo	Valor
Peso del material sin secar (kg)	W_o	1.500
Humedad en base húmeda inicial (kg agua/kg prod hum)	M_{wb1}	0.667
Humedad en base húmeda final (kg agua/kg prod hum)	M_{wb2}	0.093
Peso de la materia seca en el producto (kg)	W_d	0.503
Humedad en base seca inicial (kg agua/kg prod.seco)	M_{db1}	2.004
Humedad en base seca final (kg agua/kg prod.seco)	M_{db2}	0.102
Tiempo (s)	t	5
Cantidad de agua retirada (kg agua/h)	W_a	0.190
Temperatura ambiente (°C)	T_a	24.000
Temperatura del aire de salida (°C)	T_s	50
Humedad absoluta del aire; entrada (g/m ³)	w_1	0.0144
Humedad absoluta del aire; salida (g/m ³)	w_2	0.0185
Consumo de aire seco (kg/h)	m_a	46.318
Entalpía del aire: entrada (kJ/kg)	h_1	82
Entalpía del aire: salida (kJ/kg)	h_2	98.6
Energía consumida (kJ/h)	Q_a	768.9
Radiación solar (W/m ²)	I_h	700
Radiación solar efectiva (W/m ²)	I_e	280
Radiación solar efectiva (KJ/hm ²)	I_e	1008
Área requerida (m ²)	A	0.76

La cantidad de agua que se requiere retirar del producto en este caso elegido la fruta como la lúcuma, se obtienen de:

$$W_a = \frac{W_o \left(\frac{M_{wb1} - M_{wb2}}{1 - M_{wb2}} \right)}{t} = W_d (M_{db1} - M_{db2}) / t$$

El consumo de aire seco, necesario es:

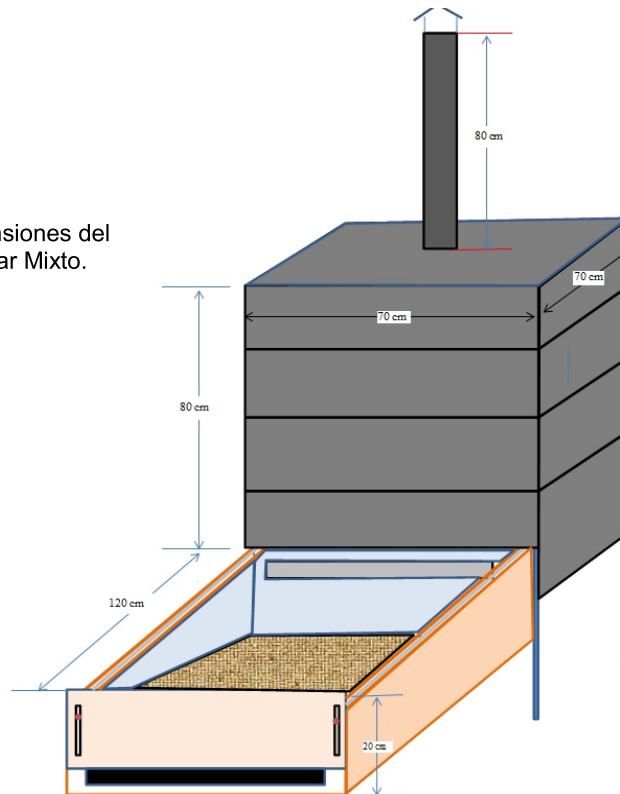
$$m_a = \frac{W_a}{w_2 - w_1}$$

La energía consumida en el proceso por hora es de:

$$Q_a = m_a (h_2 - h_1)$$

1.2. Diseño y Construcción del Secador Solar Mixto

Fig.1. Dimensiones del secador solar Mixto.



Este diseño consta de:

- Colector solar plano que incorpora una placa metálica negra y que sobre ella se coloca una parrilla como bandeja para el secado directo de productos como frutos. Está con doble cubierta de vidrio (secador solar mixto pasivo).
- Una cabina para secado indirecto de productos como plantas aromáticas, papa, etc. En ella se disponen las bandejas en niveles para optimizar el secado con el flujo de aire que ingresa por la base de la cabina.
- Tiro. Para la salida del aire húmedo se utiliza un tubo que optimice el flujo del aire del interior al exterior, por el efecto de gradiente de temperatura y el efecto Venturi.

Fig.2. Secador solar Mixto construido en funcionamiento.



1.3. Diseño de Acumulador Cambio de Fase

La unidad básica del acumulador se comporta como un intercambiador de calor entre el material PCM y el aire. Tiene la forma cilíndrica de 2.7 cm de radio y 430 cm³ de volumen y está llena de parafina como material de cambio de fase. Dado que la conductividad térmica de la parafina es de 0.2 W/m°C (Vidal, 2007) que no facilita la

conducción térmica a través de la cera, se construye una malla metálica de aluminio de manera que une el interior de la cera con la superficie del cilindro para mejorar el proceso de conducción térmica. Al absorber calor la cera va acumulando la energía térmica hasta cambiar de fase.

Unidad del acumulador de cambio de fase:

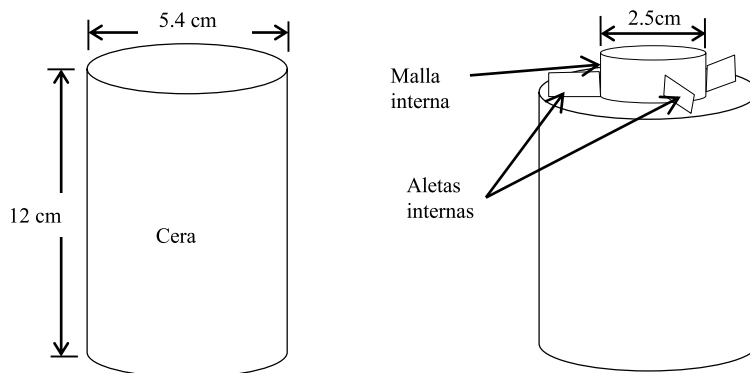


Fig. 3. Dimensiones y estructura de los dos prototipos de unidades de acumulación cilíndrica de aluminio.

Sistema de acumulación térmica con PCM de parafina.

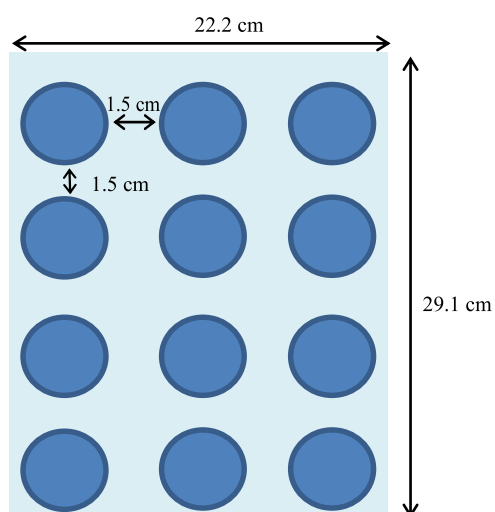


Fig.4 Medida de la conductividad térmica de una muestra de parafina y al lado derecho la distribución de estas unidades del sistema de acumulación térmica: vista superior.

1.4. Parámetros de la Parafina Calculados

Tabla 2. Densidad de la parafina comercial.

	Fase sólida	Fase líquida (70°C)
m (g)	220.92	220.92
h (cm)	9.8	11.2
r (cm)	2.86	2.86
V (cm ³)	251.82	287.80
ρ (g/cm ³)	0.877	0.768

Tabla.3. Medida de la conductividad térmica de la parafina (k) y resistividad térmica (ρ_r) Sensor KS1.

k (W/m K)	ρ_r (°C cm/W)	T (°C)	Err
0.192	506.4	23.08	0.0012
0.194	516.7	21.11	0.0017
0.193	518.2	20.24	0.0012
0.193	519.2	20.04	0.0012
0.193	519.1	20.050	0.0013
0.192	521.3	20.12	0.0013
0.192	521.8	20.22	0.0013
0.192	520.5	20.29	0.0011
0.193	517.9	20.64	0.0013

De manera que la conductividad térmica de la muestra de parafina comercial es de

$$k = (0.193 \pm 0.01) \frac{W}{mK}$$

Tabla 4. Medida del calor específico volumétrico (C) y difusividad de la parafina (D). Sensor SH1.

D(mm ² /s)	C (MJ/m ³ K)	T (°C)	Err
0.157	1.852	25.74	0.0012
0.159	1.823	25.05	0.0013
0.162	1.783	24.06	0.0012
0.164	1.748	23.28	0.0012
0.159	1.717	24.15	0.0013
0.164	1.738	23.21	0.0012
0.165	1.723	22.71	0.0012
0.167	1.704	22.17	0.0011
0.162	1.761	23.80	0.0012

Resultando que la difusividad térmica de la parafina comercial es de:

$$D = (0.162 \pm 0.016) \frac{mm^2}{s} \text{ y el calor específico volumétrico: } C = (1.761 \pm 0.176) \frac{MJ}{m^3K}$$

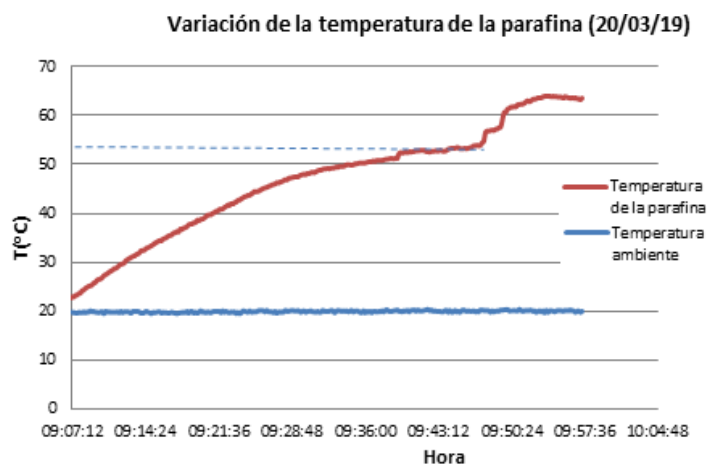


Figura 5. Arreglo experimental y la Curva de calentamiento de la parafina de 11.18 g, para determinar la temperatura de fusión de la muestra.

Utilizando la curva de calentamiento de la parafina de 11.18 g, se determina la temperatura de fusión de la parafina comercial que está en el orden de 53°C como se puede ver en la figura 5 y 6.

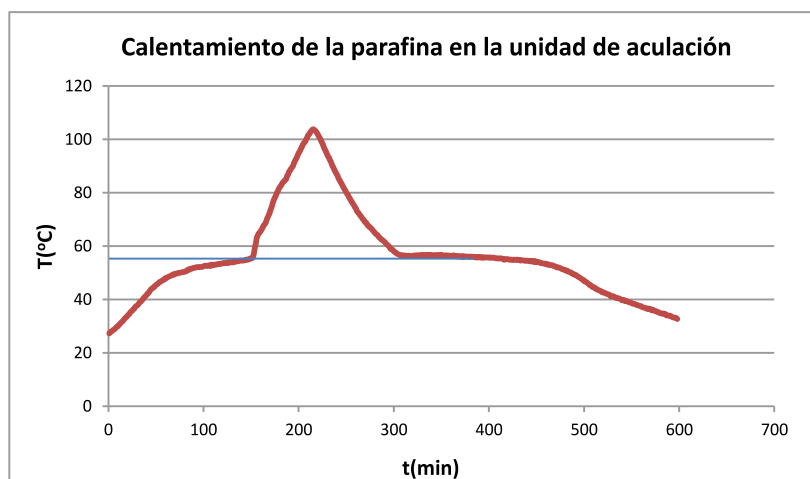


Figura 6. Curva de calentamiento y enfriamiento de la parafina en el interior de la unidad de acumulación con aletas o malla metálica.

1.5. Acumulador de Cambio de Fase y Parámetros Térmicos

Se ha construido dos modelos de unidades de acumulación, el primero que fue llenado completamente de parafina en tanto que el otro además de la parafina

tiene una malla metálica ubicada concéntricamente en la lata. Los dos prototipos se colocaron en agua hirviendo a 90-91°C en Ayacucho, luego se registró la curva de enfriamiento de cada prototipo.

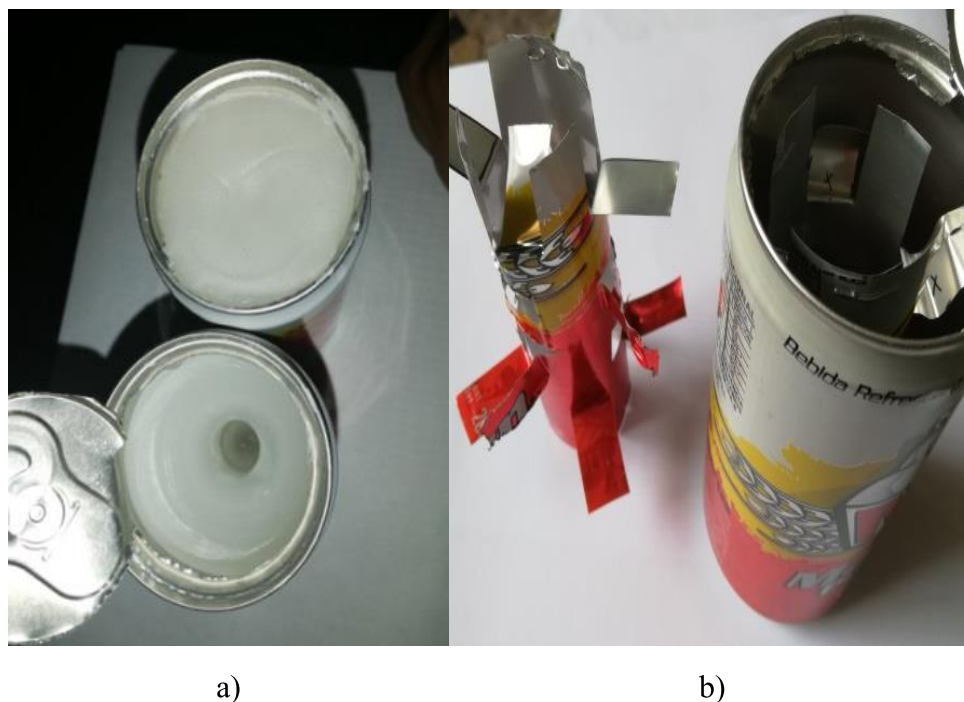


Figura 7. Prototipos de unidades de acumulación (a) llenado sólo con parafina (b) llenado con parafina y malla metálica de la lata de aluminio.

Las figuras 8 y 9 muestran que el prototipo que dispone la malla metálica se enfía más rápido que el que contiene sólo la parafina, ello debido a que la malla metálica aumenta la conductividad térmica del interior al exterior del cilindro lo que facilita mejor transferencia de calor al aire circundante.

El sistema de acumulación que consta de 12 unidades cilíndricas, que se ubican sobre una placa metálica en el colector del secador solar, distribuyéndolas simétricamente a 1.5 cm de cada una en 3 columnas por 4 filas (figura 10).

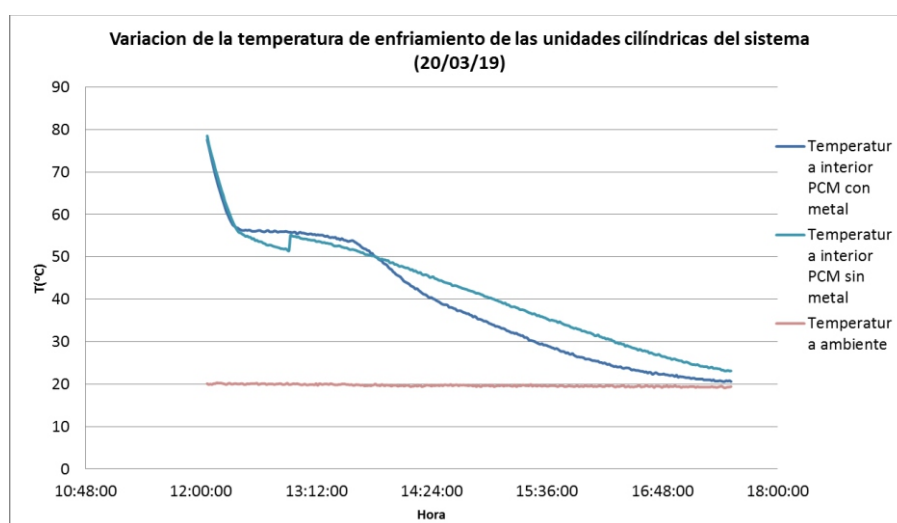


Figura 8. Variación de la temperatura en el interior del prototipo con PCM - malla metálica y del prototipo sólo con PCM (Parafina).

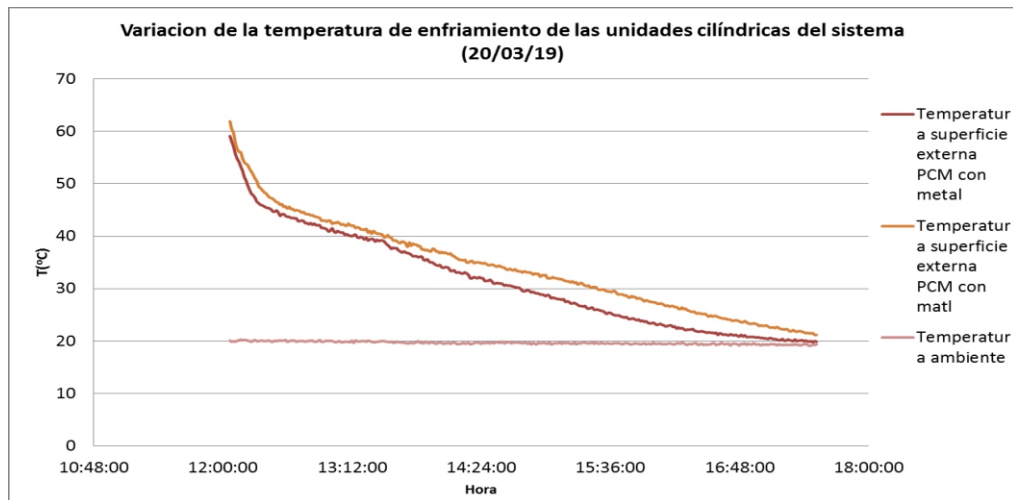


Figura 9. Variación de la temperatura en la superficie exterior del prototipo con PCM - malla metálica y del prototipo sólo con PCM (Parafina).



Figura 10. Acumulador solar térmico con PCM (Parafina), doce unidades e instalada en el colector del secador.

El espaciamiento óptimo entre las latas del acumulador se determina simulando, en torno al COMSOL MULTIPHYSICS 5.3, el intercambio térmico por

convección, conducción y radiación entre la superficie de la lata y el aire como fluido caloportador. De donde se obtiene 1.5 cm como la distancia más adecuada y práctica.

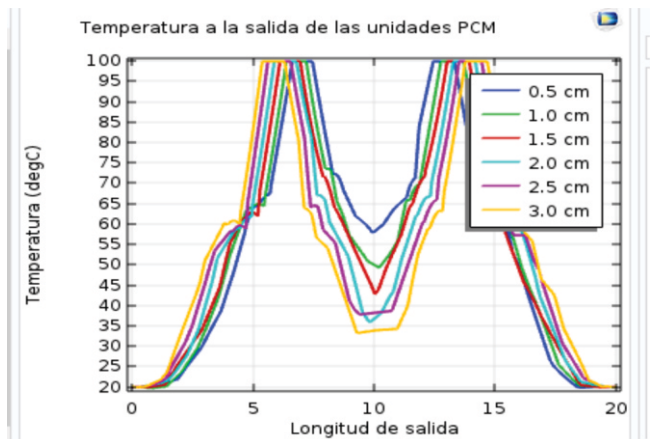
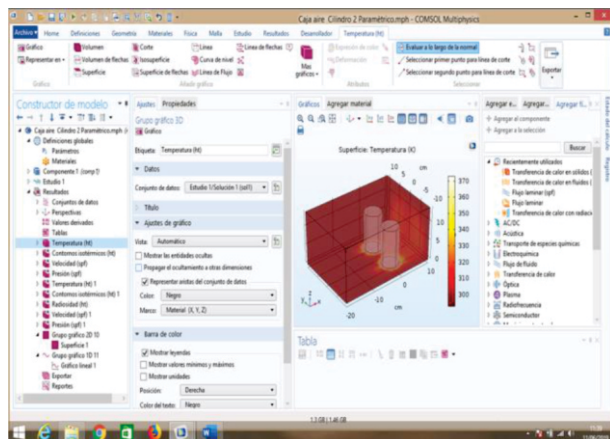


Figura 11. Variación de la temperatura del aire entre 0.5 cm a 3 cm de distancia entre las latas. Simulación COMSOL MULTIPHYSICS 5.3.

2. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DEL SECADOR SOLAR CON Y SIN ACUMULADOR DE CAMBIO DE FASE

Para determinar la influencia del acumulador solar térmico con material de cambio de fase (Parafina), en el secado del producto; se ha caracterizado la evolución temporal de la temperatura del aire a la salida del colector del secador cuando cesa la incidencia de la radiación solar sobre el colector. Este resultado es fundamental dado que

el aire a la salida del colector del secador es el aire caliente que ingresa a la cámara de secado acelerando o retardando el proceso de secado del producto.

Las medias realizadas corresponden al caso en que el secador utiliza el acumulador solar térmico con PCM y cuando no utiliza el acumulador. En estos casos se permite la incidencia de la radiación desde las horas de la mañana hasta las 2.30 pm en la que se cubre con un material opacado el colector del secador.

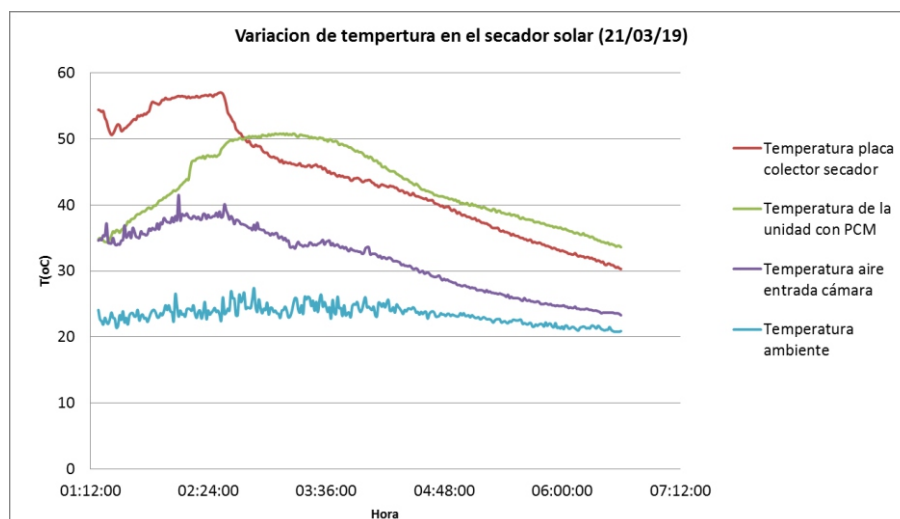


Figura 12. Variación de la temperatura del secador con acumulador con PCM, para una incidencia media de radiación solar desde las 10.00 am a 2:30 pm de 533 W/m^2 .

Dada las condiciones ambientales en las que se realizó la prueba, la intensidad de radiación solar en ambos casos estuvo en el orden de 400 a 600 W/m^2 , de manera que no se alcanzó el potencial pleno del acumulador solar térmico con parafina.

La figura 12 corresponde a la variación de la temperatura en el secador solar cuando se incorpora el sistema de acumulación térmica con PCM, en tanto que la figura 13, corresponde al secador sin PCM.

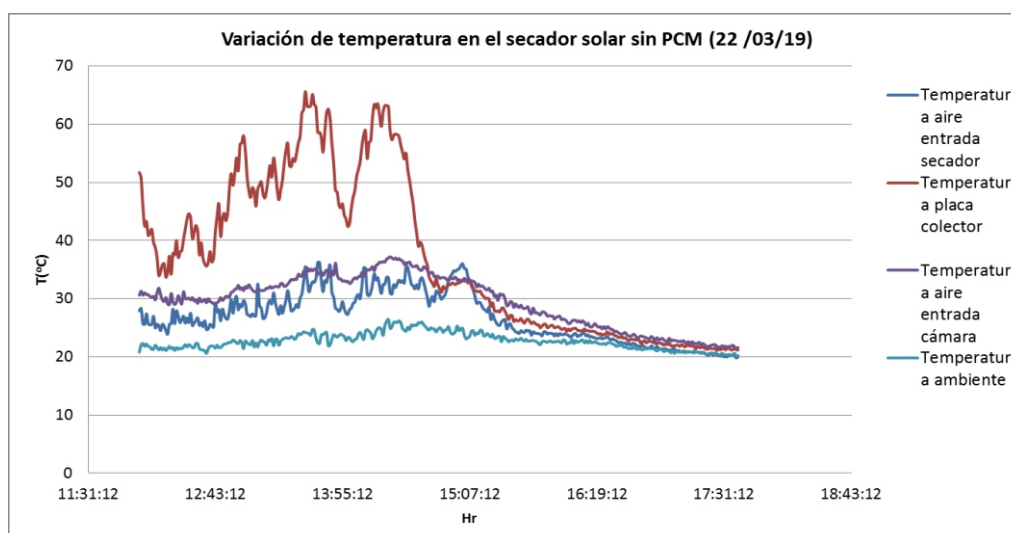


Figura 13. Variación de la temperatura del secador sin acumulador con PCM, para una incidencia media de radiación solar desde las 10:00 am a 2:30 pm de 500 W/m^2 .

Tabla 5. Tiempo en que la temperatura de ingreso a la cámara de secado se mantiene mayor a 30° C a partir de que se interrumpe la incidencia solar.

Secador	Máxima $T_1(^{\circ})$	Mínima $T_2(^{\circ})$	Ambiente $T_a(^{\circ})$	t (min)	I(W/m ²)
Con Acumulador-PCM	38.1	30.0	23.8	124	533
Sin acumulador-PCM	36.6	30.0	25.3	57	500

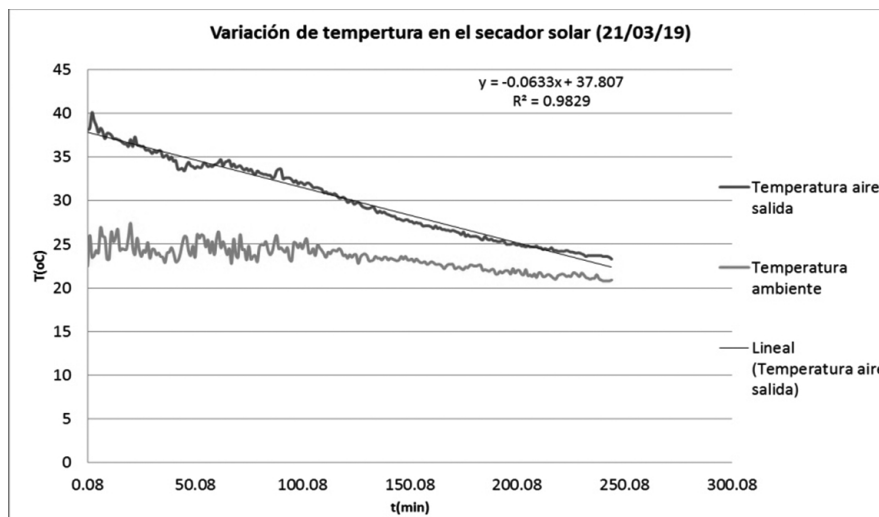


Figura 14. Velocidad de enfriamiento del aire de salida del colector solar con acumulador de cambio de fase (PCM).

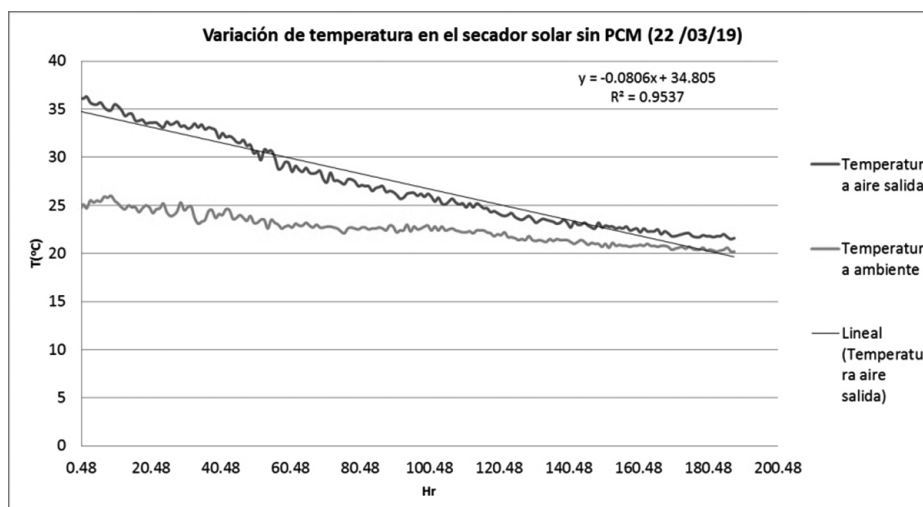


Figura 15. Velocidad de enfriamiento del aire de salida del colector solar sin acumulador de cambio de fase (PCM).

Las figuras 14 y 15 muestran la rapidez de variación de la temperatura del aire a la salida del colector en relación a la temperatura ambiente que es la temperatura a la que ingresa el aire al colector del secador.

El aire que sale del colector es la que ingresa a la cámara de secado, de manera es el indicador del grado de eficiencia del proceso de secado.

DISCUSIÓN

Las características térmicas de la parafina comercial, que ha permitido elegir como un material de cambio de fase,

medidos mediante el KD2 Pro, resultan: conductividad térmica de $k = (0.193 \pm 0.01) \frac{W}{m \cdot K}$, difusividad térmica $D = (0.162 \pm 0.016) \frac{mm^2}{s}$ y calor específico volumétrico $C = (1.761 \pm 0.176) \frac{MJ}{m^3 \cdot K}$. En lo referente a la conductividad térmica concuerda por el reportado por Campos et al (2014) que indica 0.20 W/m K así como también Fernández (2012), pero en lo referente al calor específico volumétrico Campos obtiene un calor específico de 2660 J/kg K en fase sólida; mientras que el que calculamos tomando en cuenta la relación $C = \rho c_p$ con ρ la densidad medida de la parafina, resultó ser igual a 2111 J/kg

K que difiere en un 20%, sin embargo el calor específico que reporta Vidal (2007) es de 2100 J/kg K. Estos resultados nos muestran que la cera (parafina) comercial distribuida en Ayacucho si tiene las características térmicas apropiadas para ser considerado un material de cambio de fase.

La gráfica de las figuras 8 y 9 muestra que el comportamiento de las unidades de acumulación cilíndrica con parafina y mallas o aletas internas, intercambia calor con mayor rapidez con el exterior que las unidades de acumulación sólo con parafina. Las figuras mencionadas muestran una diferencia de temperatura en el orden de 5 ° luego de un periodo de 5 horas.

El comportamiento térmico del sistema de acumulación solar térmico con PCM (parafina) mostrada en la figura 13, establece que la temperatura del aire a la entrada a la cámara de secado se ha mantenido del orden de los 30 pc, por un periodo adicional de 2 h sin la intervención de la radiación solar. En tanto que en el secador que no utiliza el acumulador de cambio de fase la temperatura decae más rápidamente (figura 14). Las figuras 15 y 16 caracterizan la rapidez de variación de la temperatura del aire de salida del colector del secador mostrando un decaimiento de 0.063 °/min para el secador que usa PCM y en caso no usa PCM 0.081 °/min.

Las conclusiones del presente trabajo son:

1. Se ha dimensionando y optimizado un prototipo de un acumulador solar térmico que utiliza la parafina como material de cambio de fase, se caracteriza por ser modular y está compuesto de 12 cilindros metálicos de aluminio reciclado y que para mejora la conductividad térmica de la cera (0.198 W/m K) se ha incorporado al interior del cilindro una malla metálica de aluminio (como aletas) que optimiza la transferencia de calor homogénea de la cera al aire. La temperatura de fusión de la parafina está entre 53 pc y 56 pc, con un calor específico volumétrico de 1.762 MJ/m³K (Tabla 4).
2. Se ha diseñado y construido un secador solar sobre la concepción de ser de uso familiar para secador de excedentes familiares como papa, maíz y/o plantas aromáticas, este secador se caracteriza por ser mixto, para el secado de productos de modo directo e indirecto y utiliza el flujo natural por efecto termosifón (sistema pasivo). Dispone de una chimenea para generar el efecto de tiro.
3. El acumulador térmico con PCM, optimiza el proceso de secado debido a que cuando se interrumpe la incidencia de la radiación solar, la temperatura del aire que ingresa a la cámara de secado se mantiene mayor a 30 ° durante 2h, mayor en 1 h que cuando no usa el acumulador, para una radiación de 500-600 W/m².

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Campos-Celadora, Álvaro; Gonzalo Dicare, Jon; Teres Zubiaga, Tatiana V. Bandos, Ane M. García-Romero, L.M. López, José M. Salac. (2014). Design of a finned plate latent heat thermal energy storage system for domestic applications. *Energy Procedia* 48. 300–308. Science Direct.

Escobar-Ochoa, Mario; Cuervo-Andrade, Sandra; Rincon-Prat, Sonia. (2017) Metodología para el diseño de un módulo de acumulación térmica usando materiales de cambio de fase (PCM) para un secador solar de túnel. *Revista UIS Ingenierías*, [S.l.], v. 17, n. 1, p. 9-20, nov. ISSN 2145-8456.

Fernández Rodríguez, William. (2012) Análisis del comportamiento del perfil de temperaturas de material de cambio de fase (PCM) en el almacenamiento de energía solar utilizando herramientas computacionales. Universidad Autónoma del Caribe. Tesis. Colombia.

Montero Puertas, Irene. (2005). Modelado y construcción de un secadero solar híbrido para residuos biomásicos. Tesis doctoral. Universidad de Extremadura. España.

Torres-Gallo, Ramiro; Miranda-Lugo, Pedro J. y Martínez-Padilla, Keimer A. (2017). Diseño y construcción de un sistema híbrido de calentamiento de aire por combustión de biomasa y radiación solar, utilizando PCM como fuente de almacenamiento térmico, para secado de yuca. *Tecnológicas*. Colombia.

Vidal Jiménez, Bárbara. (2007). Modelización del cambio de fase sólido líquido. Aplicación a sistemas de acumulación de energía térmica. Universitat Politècnica de Catalunya. TESIS DOCTORAL.

UNESCO. (2005). Guía de uso de secaderos solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes. Asunción, Paraguay.

INFLUENCIA DEL SOFTWARE GEOGEBRA EN EL APRENDIZAJE DE LAS FUNCIONES TRIGONOMÉTRICAS EN QUINTO SECUNDARIA DE LA I.E “LOS LICENCIADOS” 2018

Juan Tacuri Mendoza, Víctor Alcides Coaquira Cárdenas

Unidad de Investigación e Innovación de Ingeniería de Minas Geología y Civil

Programa: Matemática - Área: Enseñanza de la Matemática

E_mail: juan.tacuri@unsch.edu.pe

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es emplear el Software Geogebra en diseñar actividades de aprendizaje con su uso que permita a los estudiantes alcanzar las destrezas con criterios del desempeño planificado por el ministerio de educación para realizar una enseñanza del tema de trigonometría del quinto grado de Educación Secundaria y así facilitar su proceso de enseñanza-aprendizaje y a los docentes facilitándoles información sobre las nuevas tecnologías que puedan impartir en sus planes de clase, también instrumentos de evaluación que permitan al docente verificar el nivel de alcance de los estudiantes. Es una propuesta didáctica para el aprendizaje significativo de funciones trigonométricas a partir de problemas experimentales, de tal manera que el estudiante descubra dichas funciones a través de sus aplicaciones. En particular se consideran problemas relacionadas con el uso de la tecnología (programa Geogebra). Nos enfocamos en fundamentos teóricos que fortalecen la didáctica de la enseñanza de funciones trigonométricas y a su vez los métodos de enseñanza necesarios para enseñar matemáticas basándose en los lineamientos curriculares planteados del Ministerio de Educación.

Palabras clave: Didáctica, Geogebra, funciones trigonométricas, aprendizaje y enseñanza.

INFLUENCE OF THE GEOGEBRA SOFTWARE IN THE LEARNING OF THE TRIGONOMETRIC FUNCTIONS IN THE FIFTH SECONDARY OF THE I.E "THE LICENSED" 2018

ABSTRACT

The objective of this work is to use the Geogebra Software to design learning activities with its use that allows students to reach the skills with performance criteria planned by the Ministry of Education to teach the trigonometry topic of the fifth grade of Secondary Education and thus facilitate their teaching-learning process and teachers by providing information on the new technologies that they can impart in their class plans, as well as assessment tools that allow the teacher to verify the level of student reach. It is a didactic proposal for the significant learning of trigonometric functions from experimental problems, so that the student discovers these functions through their applications. In particular, problems related to the use of technology (Geogebra program) are considered. We focus on theoretical foundations that strengthen the teaching of trigonometric functions teaching and in turn the teaching methods necessary to teach mathematics based on the curricular guidelines proposed by the Ministry of Education.

Keywords: Didactics, Geogebra, trigonometric functions, learning and teaching.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como propósito, comprender, desarrollar y aplicar las gráficas de las funciones trigonométricas en el nivel de Educación Secundaria mediante el uso del software Geogebra de las funciones trigonométricas, como lo son la amplitud, fase, frecuencia y el valor constante. Una vez comprendido y desarrollado el tema, se pretende aplicar estos conceptos y este conocimiento matemático en la resolución de problemas que permita aplicar y tener una mejor comprensión de estos temas. El objetivo de este trabajo es establecer relación entre las matemáticas, el conocimiento y la diversión, de manera que se eviten los conceptos complicados o difíciles, con el tema funciones trigonométricas, además de buscar los lazos afectivos para los alumnos que aprenden matemáticas. Si los conocimientos se desarrollan en un contexto conocido y agradable para el alumno, es lógico que también mejore su rendimiento en los contenidos.

La utilización de sitios Web educativos como un recurso para apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la matemática, se ha convertido en una necesidad y constituye una respuesta a la problemática que gira en torno a la comprensión cognoscitiva de conceptos y nociones matemáticas en los salones de clase.

En particular el tema de funciones trigonométricas presenta serias dificultades cognitivas en los estudiantes de educación secundaria del Perú, lo cual está claramente reflejado en las estadísticas del Departamento de Control de Calidad del Ministerio de Educación Pública, que muestran. Con el presente trabajo, se describe el proceso de desarrollo, implementación evaluación de un sitio Web para la enseñanza de temas de funciones en un nivel medio superior, basado en la teoría de aprendizaje cognitivista.

La enseñanza tradicional de la matemática en esta I.E Publica y en general en toda el país se caracteriza por dar

énfasis al desarrollo de algoritmos y el manejo de procedimientos sobre los objetos matemáticos, sin prestar la debida atención a los procesos, haciendo que el estudiante construya parcialmente los conocimientos matemáticos, sin lograr un aprendizaje significativo: así pues esta ciencia es convertida en un conjunto de reglas ,procedimientos y fórmulas para ser aplicadas en la resolución de ejercicios de carácter simbólico y debemos usarlas, de tal manera que proporcionen nuevas y mejores metodologías educativas que permitan al alumno alcanzarlos objetivos del proceso, comenzando por las competencias básicas. En este trabajo analizaremos algunos estudios que demuestran los beneficios que tiene en la educación, introducir las TIC y las características de GeoGebra como herramienta para el estudio de las matemáticas.

El mundo que nos rodea está viviendo cambios continuos, cada vez se generan nuevas tecnologías e innovaciones y la educación no se encuentra desligada de estos acontecimientos en especial de la informática, el internet, entre otras.

Hoy en día, estas nuevas herramientas han permitido revolucionar el proceso de enseñanza, donde anteriormente el maestro se consideraba como la fuente única de conocimiento, dándole a este el papel central del proceso educativo. Sin embargo, eso ha cambiado con el surgimiento del internet y las nuevas tecnologías donde el acceso a la información es ilimitado, transformado así el rol del profesor en el aula.

Con esta idea en mente, en este trabajo se motiva el estudio de las funciones trigonométricas Seno y Coseno a través fenómenos que se comportan de forma periódica, más específicamente los relacionados con el movimiento circular uniforme y con las ondas mecánicas. Para tal fin, se hace uso de la tecnología, en particular de programas Computacionales como el GeoGebra de elementos estadísticos como la Regresión. De esta manera, el trabajo tiene un carácter interdisciplinario.

La trigonometría se considera un campo importante en la matemática a nivel de secundaria porque está estrechamente relacionada con los pensamientos: geométrico, algebraico y variacional. También, se relaciona con procesos matemáticos como el planteamiento y la resolución de problemas y la modelación matemática.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se aplicará el test de conocimiento para obtener los datos mediante la prueba de pre test y pos test considerando tres fases, fase inicial, fase experimental y fase final.

Metodología de la Investigación

Se considera tres fases:

1. Fase inicial
2. Fase experimental
3. Fase final

Fase inicial: esta consistirá en un test diagnóstico sobre los conceptos más relevantes para comprender el tema de función trigonométrica.

Fase experimental: Esta consistirá en utilizar una unidad didáctica adaptada a la teoría de los conceptos, para la enseñanza de funciones trigonométricas empleando el software Geogebra, dicha unidad se aplicará a los estudiantes de quinto grado de Educación Secundaria de la I.E. "Los Licenciados".

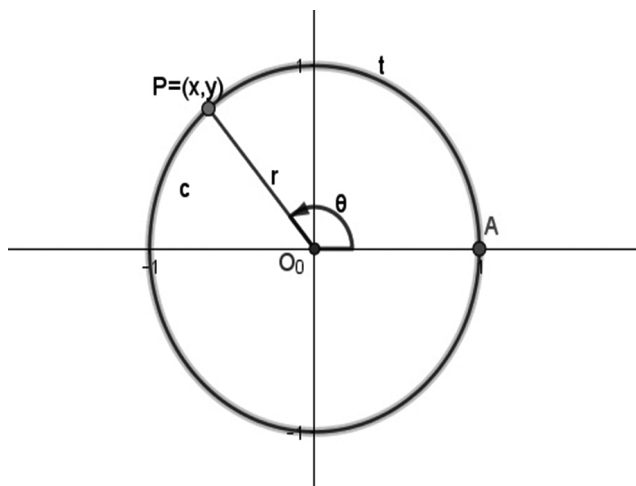
Fase final: consistirá en el mismo test aplicando el inicio de la investigación con el objetivo de observar la mejoría, si existe el rendimiento de los estudiantes después de la enseñanza con el uso de software Geogebra.

Las Funciones Seno y Coseno

Hasta el momento se ha trabajado las razones trigonométricas con ángulos agudos de un triángulo rectángulo. A continuación, se amplía el dominio al de los números reales. Es de anotar que las funciones que nos ocupan son el Seno y el Coseno.

Con esta idea en mente, es necesario antes definir lo que es un radian. Un radián (1 rad) es la medida de un ángulo central que subtiende un arco cuya longitud es igual al del radio de la circunferencia. Puesto que la longitud de una circunferencia de radio r es igual a 2π , se tiene que $360^\circ = 2\pi$ rad.

En un sistema de coordenadas cartesianas, se dice que un ángulo está en posición normal si su lado inicial coincide con el semieje positivo X. Para hallar los valores de las funciones trigonométricas de números reales se utilizará un círculo de radio uno con centro en el origen " O ", t es un número real $0 \leq t \leq 2\pi$ se puede notar como la medida en radianes del ángulo θ . Así mismo, es la medida del arco partiendo desde el punto $A = (1,0)$ hasta un punto $P = (x,y)$. $t = r\theta$; $r = 1$; $t = \theta$.



Si se considera el ángulo θ en t rad, como el ángulo al girar el segmento OA alrededor de O , t sería igual al recorrido que realizaría A sobre la circunferencia para llegar al punto final P . Es necesario tener claro algunas condiciones:

Si $t > 0$, entonces OA gira en sentido contrario al de las manecillas del reloj.

Si $t < 0$ entonces OA gira en el mismo sentido de las manecillas del reloj.

Si $t = 2\pi$ entonces A puede viajar varias veces sobre C antes de llegar a P .

El punto $P = (x, y)$ recibirá el nombre del punto sobre el círculo unitario C que corresponde a t . las coordenadas (x, y) del punto P se utilizarán para definir las seis funciones trigonométricas de t . relacionando el círculo unitario con las razones trigonométricas se obtiene:

$$\text{sent} = \text{sen}\theta = \frac{y}{r} = \frac{y}{1} = y \quad \text{cost} = x$$

Varias propiedades se desprenden del hecho de que $P = (x, y)$ se localiza en el círculo unitario. Por ejemplo, se desprende que:

$$-1 \leq x \leq 1 \quad y \quad -1 \leq y \leq 1$$

Y puesto que $y = \text{sent}$ y $x = \text{cost}$ donde

$$-1 \leq \text{cost} \leq 1 \quad y \quad -1 \leq \text{sent} \leq 1$$

Con estas observaciones se tiene que las funciones $f(t) = \text{sent}$ y $g(t) = \text{cost}$ tienen un dominio en el conjunto de los números reales y el rango es el intervalo $[-1, 1]$.

Además, a partir de la definición se deduce que:

$$\text{sent} = \text{sen}(t + 2\pi) \quad \text{cost} = \text{cos}(t + 2\pi)$$

Y de forma más general:

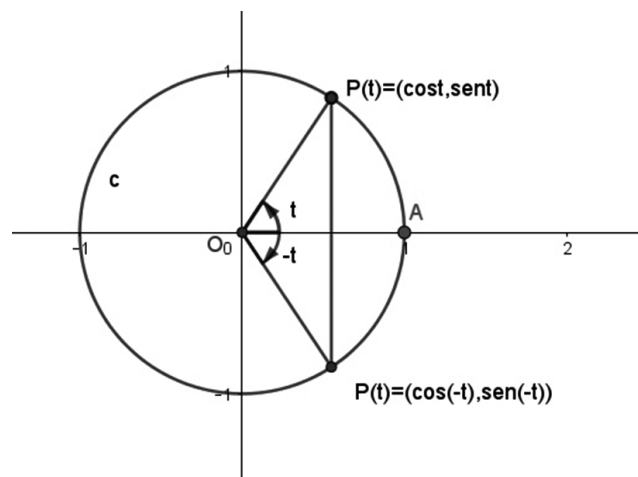
$$\text{sent} = \text{sen}(t + 2\pi n) \quad \text{cost} = \text{cos}(t + 2\pi n)$$

Donde n es cualquier número entero.

Una función f es **periódica**, si existe un número real positivo k , tal que: $f(x) = f(x+k)$ Para todo x del dominio de f . El menor número real, si existe es el periodo de f .

Por lo tanto, las funciones Seno y Coseno son funciones periódicas con periodo 2π .

Para todo número real t , los puntos $p(t)$ y $p(-t)$ en el círculo unitario se localizan en el lado terminal de un ángulo t y $-t$ radianes, respectivamente. Estos dos puntos siempre serán simétricos con respecto al eje X .



En la figura muestra que las coordenadas $p(t)$ y $p(-t)$ son iguales, y las coordenadas de Y de los dos puntos tienen las mismas magnitudes pero con signos opuestos. Las mismas simetrías serán válidas sin importar el cuadrante que contenga $P(t)$. Si $f(t) = \text{sent}$ y $g(t) = \text{cost}$, entonces para cualquier número real t ,

$$f(-t) = -f(t) \quad y \quad g(-t) = g(t)$$

La función seno es impar y la función coseno es par, para cualquier número real t esto es,

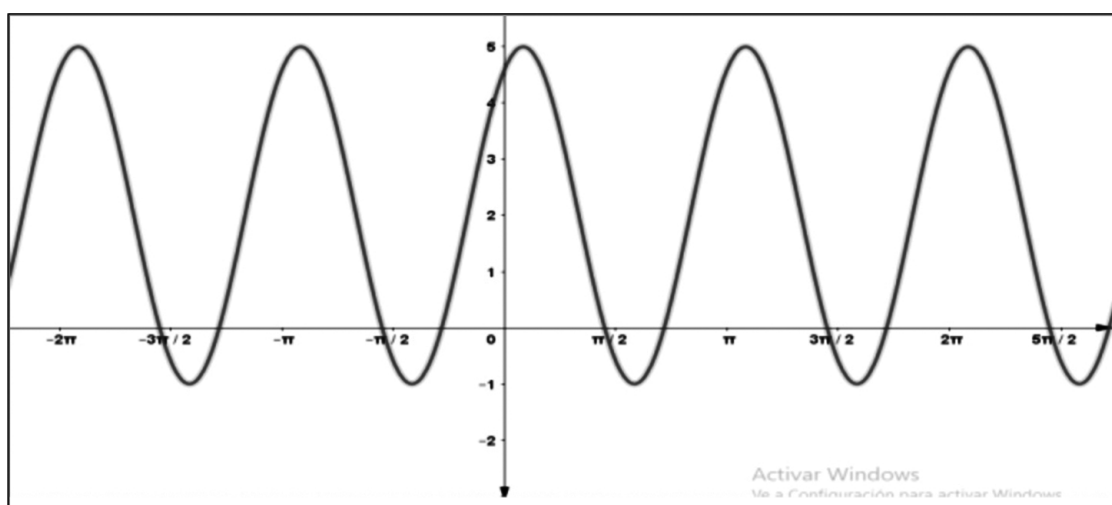
$$\text{sen}(-t) = -\text{sen } t ; \text{cos}(-t) = \text{cos } t.$$

Algunos análisis de la definición de funciones trigonométricas.

Por ejemplo consideremos la función

$$f(x) = 2 + 3\text{sen}\left(2x + \frac{\pi}{3}\right)$$

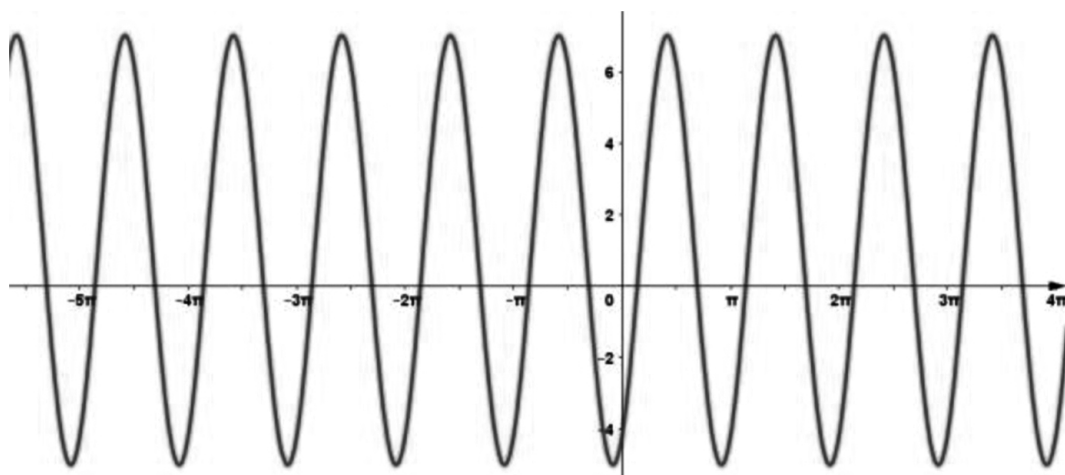
Aquí se modifican todos los parámetros: la gráfica tiene una amplitud de 3 (es muy grande), tiene una frecuencia de 2 y se avanza $\frac{\pi}{3}$ unidades (por el signo +).



Si la función es de la forma

$$f(x) = 1 + 6\text{sen}\left(2x - \frac{3}{\pi}\right)$$

entonces la gráfica es



RESULTADOS

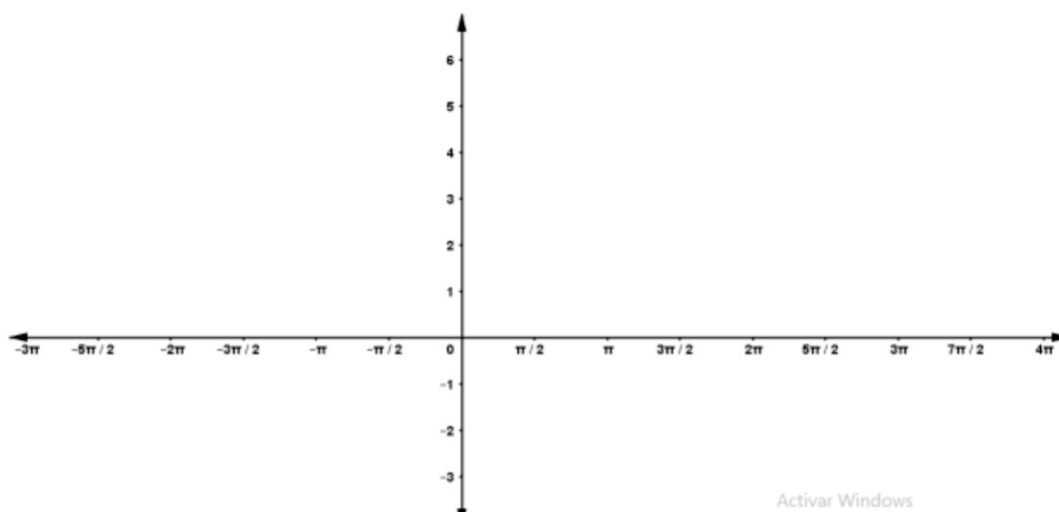
Se trabajó con los estudiantes de la institución educativa algunos ejercicios elementales tanto en forma normal y el uso de software Geogebra.

Grafique las siguientes funciones

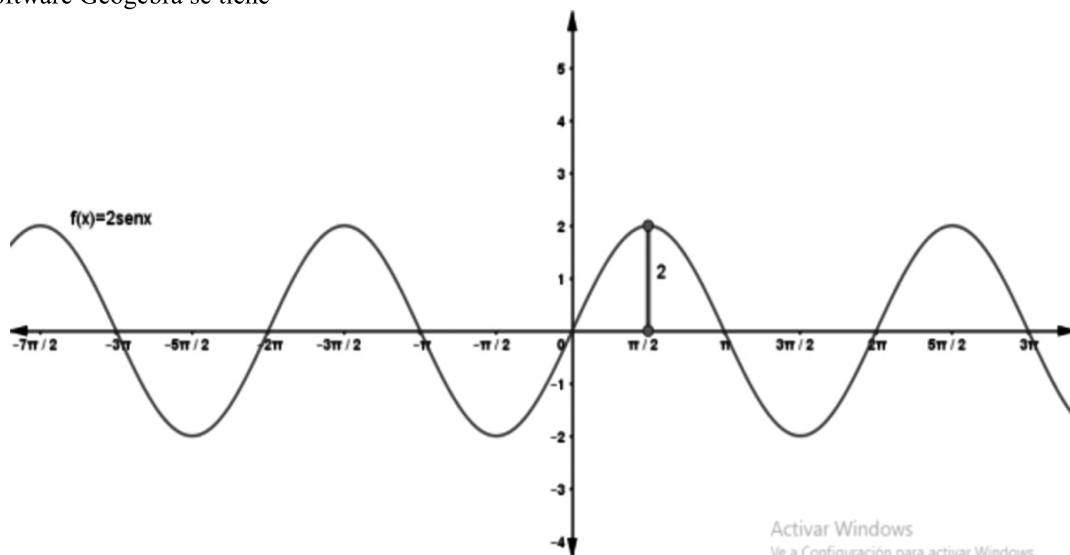
$$f(x)=2\text{sen}x \text{ y } g(x)=\text{cost}(2x)$$

Solución

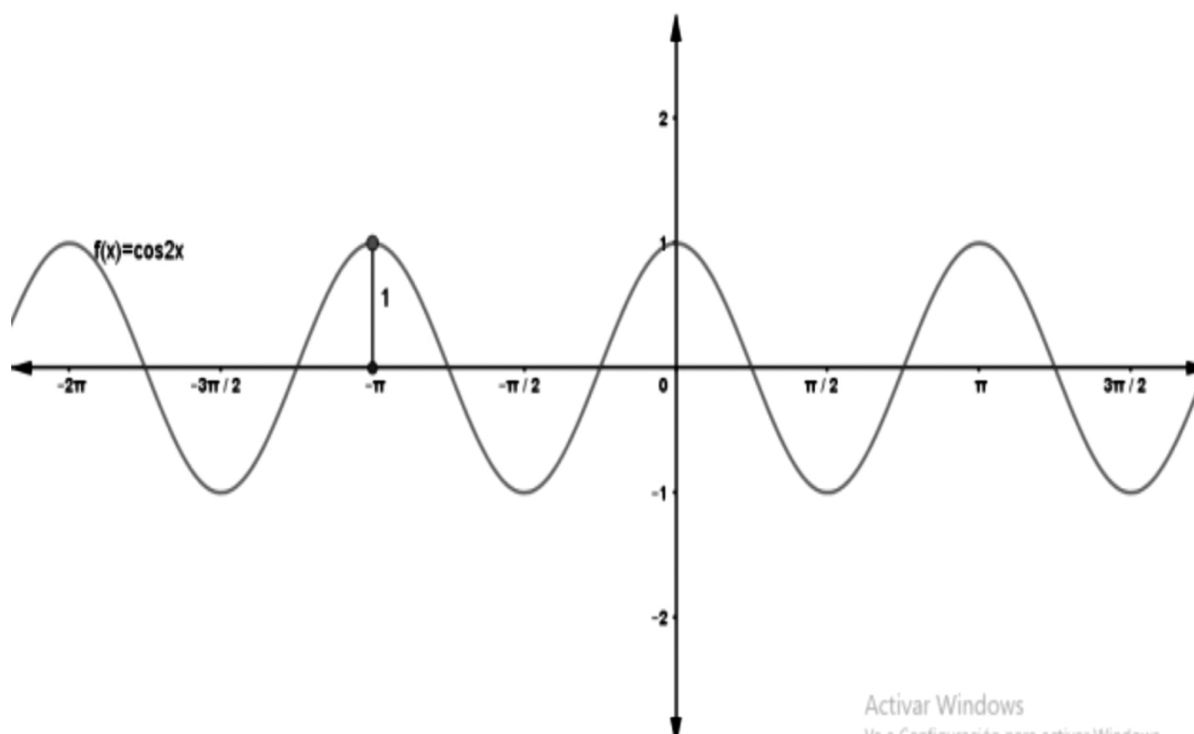
Los estudiantes graficaran con uso normal la función trigonométrica en un plano cartesiano.



Con el uso de software Geogebra se tiene



donde el dominio de la función es todo los reales y el rango de la funciones de $[-2, 2]$



En el segundo caso $g(x) = \cos 2x$

El dominio de la función g es todos los reales y la variación de la función $g(x) = \cos 2x$ es $[-1, 1]$

Se ha elaborado las preguntas para la test de la fase inicial para la Institución Educativa los Licenciados para tener referencia sobre el nivel de conocimiento de los estudiantes los cuales son los siguientes:

1. Conoce usted el plano cartesiano?

Si
No

2. ¿Usted conoce la definición de una función?

Si
No

3. ¿Una función es representada mediante una regla de correspondencia?

Si
No

4. ¿Usted graficó una de las funciones trigonométricas?

Si
No

5. ¿Es una función trigonométrica la siguiente relación $y = A \sin x$?

Si
No

6. ¿Un punto en el plano cartesiano, es representado mediante un par ordenado?

Si
No

7. ¿Usted conoce o ha escuchado hablar acerca del software libre GeoGebra?

Si
No

8. ¿El docente utiliza videos para propiciar el aprendizaje de matemática?

Si
No

9. ¿Considera significativo el uso del Internet como recurso de consulta para el curso de matemática?

Si
No

10. ¿Cree usted que con la ayuda de un software elevará su rendimiento académico en Matemática?

Si
No

11. ¿aparte de Geogebra conoce usted algún software matemático de modo que le ayuda resolver sus problemas matemáticos?

Si
No

12. ¿El docente utiliza programas o paquetes Matemáticos para la enseñanza del curso de Matemática?

Si
No

Resultados de encuesta

Se tomó una encuesta a 33 estudiantes de la institución Educativa los Licenciados con el resultado siguiente:

1. Conoce usted el plano cartesiano?

Si	31 estudiantes	94%
No	02 estudiantes	6%

2. ¿Usted conoce la definición de una función?

Si	23 estudiantes	70%
No	10 estudiantes	30%

3.- ¿Una función es representada mediante una regla de correspondencia?

Si	19 estudiantes	56%
No	14 estudiantes	44%

4. ¿Usted graficó una de las funciones trigonométricas?

Si	23 estudiantes	70%
No	10 estudiantes	30%

5. ¿Es una función trigonométrica la siguiente relación $y = A \sin x$?

Si	19 estudiantes	54%
No	14 estudiantes	44%

6. ¿Un punto en el plano cartesiano, es representado mediante un par ordenado?

Si	22 estudiantes	67%
No	11 estudiantes	33%

7. ¿Usted conoce o ha escuchado hablar acerca del software libre GeoGebra?

Si	03 estudiantes	90%
No	30 estudiantes	10%

8. ¿El docente utiliza videos para propiciar el aprendizaje de matemática?

Si	01 estudiantes	9%
No	32 estudiantes	91%

9. ¿Considera significativo el uso del Internet como recurso de consulta para el curso de matemática?

Si	29 estudiantes	88%
No	03 estudiantes	12%

10. ¿Cree usted que con la ayuda de un software elevará su rendimiento académico en Matemática?

Si	23 estudiantes	70%
No	10 estudiantes	30%

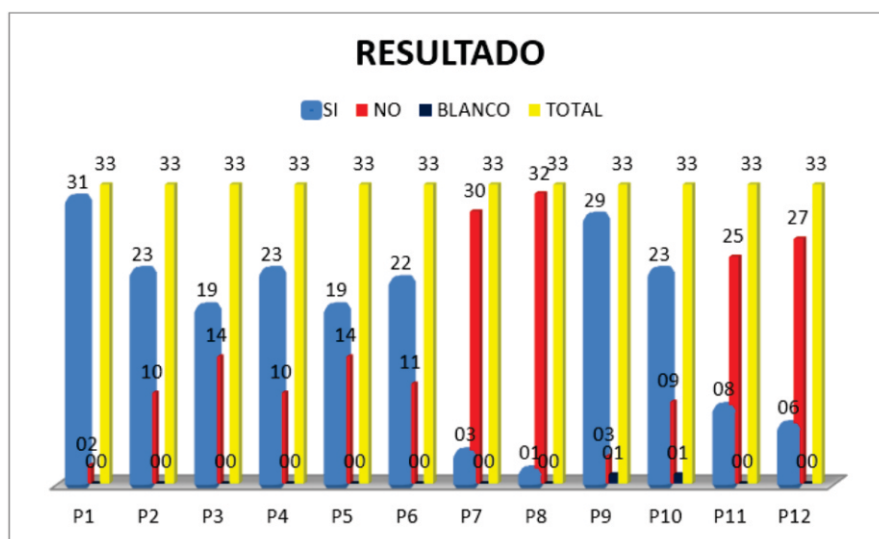
11. ¿aparte de Geogebra conoce usted algún software matemático de modo que le ayuda resolver sus problemas matemáticos?

Si	08 estudiantes	24%
No	25 estudiantes	76%

12. ¿El docente utiliza programas o paquetes Matemáticos para la enseñanza del curso de Matemática?

Si	06 estudiantes	18%
No	27 estudiantes	82%

Mediante un cuadro estadístico se tiene la información:



Después de utilizar el software Geogebra en el desarrollo de las clases de las funciones trigonométricas y su aplicación se desarrolló la siguiente encuesta sobre el nivel de conocimiento a los estudiantes en las secciones C y D de educación Secundaria de la Institución Educativa los Licenciados de la ciudad de Ayacucho de fase final se obtuvieron la siguiente información.

Resultados (Encuesta final)

Instrucciones: desarrolle con letra clara cada una de las preguntas

1. Sea la función $f(x) = 2\operatorname{sen}x$ Halle :

- La amplitud
- El periodo

2. Sea $f(x) = 3\cos(2x + \pi)$ Halle:

- La amplitud
- El periodo

3. Sea la función $f(x) = 2\operatorname{sen}(3x - \frac{\pi}{4})$ Hall:

- La amplitud
- El periodo

4. Grafique la siguiente función $f(x) = 2\operatorname{sen}2x$

5. Indique el periodo de : $f(x) = 4\operatorname{sen}(\pi \frac{x}{2})\cos(\pi \frac{x}{2})$

6. Halle el rango de la siguiente función

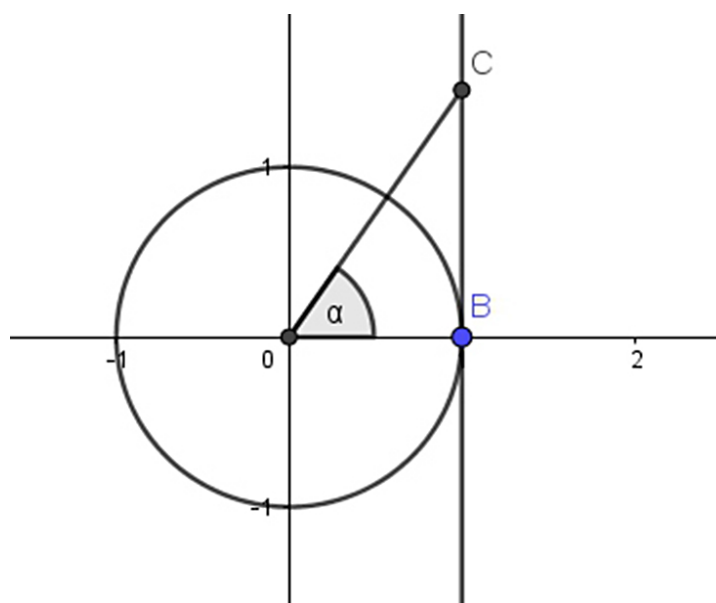
$$f(x) = 3\operatorname{sen}\frac{x}{2} + \sqrt{3}, \quad x \in <\pi, 2\pi>$$

7. ¿La secante es la recíproca de coseno?

8. ¿La cosecante es la inversa de seno?

9. En la figura ¿el segmento $\overline{BC}$ es equivalente $\tan \alpha$?

10.



11. Cuáles son los ceros de la función $y = \text{sen}x$ en el

$$0 \leq x \leq 2\pi$$

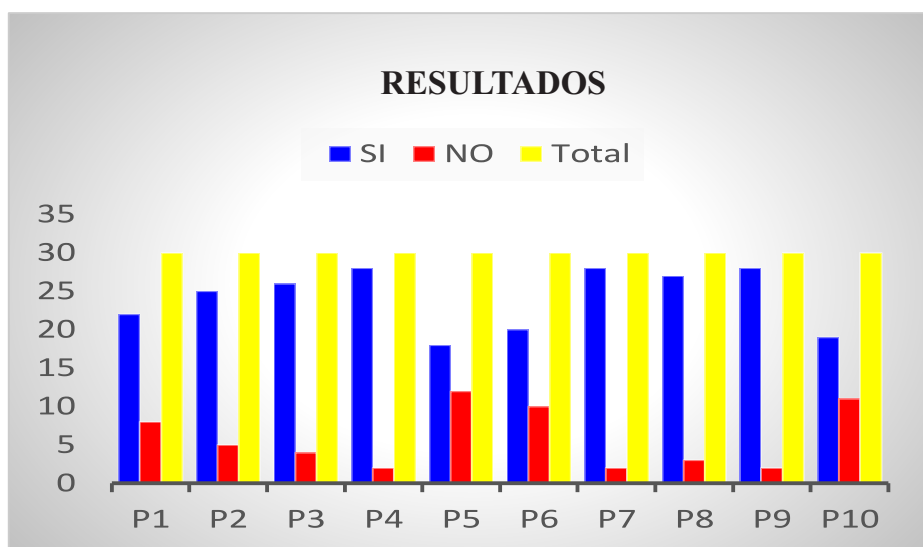
Al hacer la encuesta a dos secciones del quinto grado C Y

D de Educación secundaria de la I Los licenciados de ciudad de Ayacucho se obtuvieron la siguiente información.

PREGUNTAS		RPTA	
Sea la función $f(x) = 2\text{sen}x$ Halle : La amplitud y el periodo	1	SI	22
		NO	08
Sea $f(x) = 3\cos(2x + \pi)$ Halle: La amplitud y el periodo	2	SI	25
		NO	5
Sea la función $f(x) = 2\text{sen}(3x - \frac{\pi}{4})$ Hall: La amplitud y el periodo	3	SI	26
		NO	4
Grafique la siguiente función $f(x) = 2\text{sen}2x$	4	SI	28
		NO	02
Indique el periodo de $f(x) = 4\text{sen}(\pi \frac{x}{2})\cos(\pi \frac{x}{2})$	5	SI	18
		NO	12
Halle el rango de la siguiente función $f(x) = 3\text{sen}\frac{x}{2} + \sqrt{3}$, $x \in \langle \pi, 2\pi \rangle$	6	SI	20
		NO	10
¿La secante es la reciproca de coseno?	7	SI	28
		NO	02
¿La cosecante es la inversa de seno?	8	SI	27
		NO	03
En la figura ¿el segmento $\overline{BC}$ es equivalente tan α ?	9	SI	28
		NO	02
Cuáles son los ceros de la función $y = \text{sen}x$ en el intervalo $0 \leq x \leq 2\pi$	10	SI	19
		NO	11

Si: significa que los estudiantes han desarrollado las preguntas

No: significa que no desarrollo las preguntas



DISCUSIONES

Análisis del resultado de la evaluación.

Durante el tercer bimestre académico el 2018 se aplicó la propuesta didáctica en las secciones de quinto C y D de la institución Educativa “Los licenciados” con el propósito de evaluar y validar la aplicación con el software de Geogebra referente al estudio de la función trigonométrica. La clase fue desarrollada en sus respectivas aulas y en diferentes días donde participaron un total de 30 estudiantes, los cuales una vez terminado la clase, se le aplicó un cuestionario de preguntas como forma de validación de la propuesta y de conocer aspectos sobre aceptación mejoras del aprendizaje.

Según el resultado comparativo inicial y final se ve una mejora en el rendimiento del test final respondieron en más de 70 % en forma analítica de acuerdo de las preguntas realizadas de la forma siguiente:

- Graficó con facilidad la función seno y coseno en un plano cartesiano.
- Halló con facilidad el periodo y la amplitud de función seno y coseno.
- Contesto las preguntas correctamente la inversa de cosecante y secante.
- Resolvió problemas correctamente con los procesos necesarios para hallar los ceros de función seno en un intervalo dado.

Finalmente, en términos generales el uso de “software Geogebra “en el estudio de función trigonométrica, se constituyó en una gran herramienta metodológica de carácter innovador e interactivo, lo cual facilitó al educando en su estudio mediante una forma más entretenida, motivadora e interactiva.

Al principio de nuestro trabajo de investigación nos planteamos como propósito general determinar el mejoramiento en el aprendizaje de los estudiantes referente al tema de función trigonométrica utilizando el Software Geogebra por lo que evaluado nuestros resultados obtenidos al final del trabajo podemos decir que cumplimos nuestro propósito, porque se hubo una mejora significativa en el rendimiento final del aprendizaje de los alumnos por lo siguiente:

La enseñanza de la función trigonométrica utilizando con Geogebra y la unidad didáctica aplicada aumento significativamente en el rendimiento académico de los estudiantes.

Se observa la tendencia y mejoras en relación con los resultados de test final.

Conclusiones

Al desarrollar el tema función trigonométrica mediante el uso del software Geogebra se ha sacado las siguientes conclusiones:

- La educación grandes cambios, con el pasar de los años, la enseñanza ha sido siempre expositiva por parte de los docentes, utilizando las mismas metodologías educativas

que la enseñanza tradicional, los resultados, reflejan un bajo rendimiento que los estudiantes han registrado dentro del área de matemática es por eso que es necesario que se creen nuevas estrategias didácticas con recursos tecnológicos para que mejoren su rendimiento académico y tomen la enseñanza de los docentes de manera significativa y razonen por ellos mismos.

- El software Geogebra es una herramienta de gran utilidad para la orientación de todas las funciones con la potencial para generar aprendizajes significativos en los estudiantes; además por ser un software de uso libre puede ser instalado fácilmente en las aulas de las instituciones educativas y ser una herramienta de trabajo permanente de los docentes en el área de matemática.
- Este tipo de actividades permiten al educando visualizar y comprobar propiedades de conceptos asociados con la función trigonométrica a partir de la experimentación y explicación del tema.

El rendimiento académico de los estudiantes se mejoró significativamente al utilizar el software Geogebra en la enseñanza de función trigonométrica con el software permiten comprender mejor sus características y visualizar los elementos más representativos de la función trigonométrica.

AGRADECIMIENTO

A Juan I. Flores García y Adrián Allauca Paúcar, por su colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso Rojas Poema “Matemática 5ta edición” Kanners Lima-Perú. (2005).
- Ballester, S. “Metodología de la enseñanza de la Matemática”. (Tomo I) Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. (1992).
- Espinoza Ramos Eduardo “Trigonometría” Editorial EDUKPERU. E.I.R.L (2009).
- Geogebra. *Página Oficial del Software Geogebra* <http://www.geogebra.org>
- Moisés Lázaro C. “Matemática básica A”. MOSHERA. Lima-Perú. (1993).
- Moisés Lázaro C. “Análisis matemático I”. MOSHERA. Lima-Perú. (2017).
- Haaser La Salle Sullivan. “Análisis Matemático I Curso Introductorio” 2da Edición. Edi. Trillas México (1992).
- Área, M. “Los ordenadores en la Educación Secundaria: del MS-Dos a Internet”. Revista Aula de innovación educativa. N° 135. Pp. 30-35. [en línea], [citado el 1 de mayo del 2012], Disponible en Internet: <http://webpages.ull.es/users/manarea/Documentos/AULA%20InnovEd TIC%20EdSec.pdf>

Internacional Geogebra Institute, Notas Lanzamiento de GeoGebra 4.0, [en línea], [citado el 5 de marzo del 2012], Disponible en Internet:

http://www.geogebra.org/en/wiki/index.php/Release_Notes_GeoGebra_4.0

Colaboradores de Wikipedia. GeoGebra [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2012.[en línea], [citado el 5 de marzo del 2012], Disponible en Internet:

<http://es.wikipedia.org/wiki/Geogebra>

Profe De Mate. Por qué Geogebra y no Cabri. Centro de recopilación de materiales para docentes y estudiantes de

ARTICULO DE REVISIÓN

TÉCNICAS DE AISLAMIENTO, IDENTIFICACIÓN, SELECCIÓN DE CEPAS DE *Rhizobium*, *Azospirillum* Y PRODUCCION DE INOCULANTES

Cayo García-Blasquez Morote, Marilú Sato Palomino

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Ayacucho-Perú
Universidad Federal de Rio Grande del Sur-Porto Alegre Brasil-UFRGS
E-mail: Cayogbm@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones en las últimas décadas consiguieron grandes avances que contribuyeron en el mejor conocimiento y aprovechamiento de los procesos biológicos, que permiten incrementar la producción agrícola sustentable, ejemplos de suceso es la utilización de los inoculantes de leguminosas y gramíneas en gran escala, uso de micorrizas en árboles forestales, frutícola, etc. ,la utilización de la capacidad de los microorganismos de modificar y destruir los pesticidas agrícolas, uso de asociaciones de plantas y microorganismos del suelo para recuperar áreas degradadas.

Con el avance de las técnicas de biología molecular, permitió el uso de técnicas genéticas en el estudio de la composición y propiedades de las comunidades de microorganismos del suelo, con esto fue posible estudiar aspectos con más profundidad sobre la relación de la leguminosas y sus simbiontes fijadores de nitrógeno, interacción entre patógenos del suelo y sus hospederos ; manipulación genética de acuerdo a los intereses del hombre, como simbiontes de plantas, agentes de control biológico de plagas y enfermedades o como acondicionadores del suelo para el cultivo agrícola.

El presente trabajo desarrolla las principales técnicas y métodos utilizados en los trabajos de investigación y producción de inoculantes así como: aislamiento y caracterización de dos principales bacterias diazotróficas aerobias: aislamiento de *Rhizobium* a partir de nódulos y suelo, y *Azospirillum* a partir del suelo , raíces, hojas y tallos de la planta hospedera; también se desarrolla la selección de la efectividad de las cepas de *Rhizobium* y *Azospirillum*, métodos para su conservación de cepas de fijadores de nitrógeno con leguminosas (*Rhizobium*) y bacterias promotoras del crecimiento vegetal (*Azospirillum*), su caracterización micro y macroscópica, identificación y conservación y finalmente la producción de inoculantes y los métodos de inoculación y las recomendaciones para su correcto uso en la producción agrícola.

Esperamos que este trabajo sirva como estímulo para estudiantes, técnicos, profesionales e investigadores que trabajan en el área de Fijación Biológica de Nitrógeno y bacterias Promotoras del crecimiento vegetal (FBN y PGPR), que será un aporte importante para el desarrollo de una agricultura sustentable para el futuro.

La Fijación biológica de nitrógeno atmosférico es la principal fuente en el ciclo de este elemento siendo más del 70% por la fijación de microorganismos, es el elemento que las plantas necesitan en mayores cantidades, es el nutriente

esencial para la vida de todos los seres vivos, base de aminoácidos que forman las proteínas. La única forma de reducir los efectos indeseables del uso fertilizantes químicos nitrogenados es :incrementar el uso eficiente de la FBN(*Rhizobium*) y de las bacterias Promotoras del crecimiento vegetal PGPR (*Azospirillum*), valorar la fijación de nitrógeno como una tecnología sustentable que permita la producción de alimentos y mantener la salud del medio ambiente ,adopción de programas de producción de leguminosas y gramíneas con el uso de inoculantes microbianos es una de las prácticas agrícolas más eficientes para la sustentabilidad de la agricultura y conservación del medio ambiente.



Figura 1 : Presencia de leg hemoglobina, indicando la gran capacidad de fijación de nitrógeno por nódulos de tarwi o lupinos.

TÉCNICAS DE AISLAMIENTO, IDENTIFICACIÓN, SELECCIÓN DE CEPAS DE *Rhizobium*, *Azospirillum* Y PRODUCCION DE INOCULANTES

1. Generalidades para el aislamiento de cepas

Desde que se descubrió la simbiosis *Rhizobium*-Leguminosa y la Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN), el hombre ha intentado reproducir ese proceso, siendo hoy un ejemplo del suceso de la Biotecnología en la producción de inoculantes para leguminosas y gramíneas.

El primer paso para el inicio de los trabajos de investigación y producción de inoculantes microbianos es el aislamiento de las bacterias de *Rhizobium*/*Bradyrhizobium*, *Azospirillum* y otros microorganismos.

Existen dos razones importantes para aislar microorganismo con la que se quiere trabajar: la primera es obtener mejores cepas que las que están disponible para la producción de

inoculantes y la otra razón es para hacer estudios ecológicos o de investigación, para establecer el destino de una bacteria colocada en el suelo o a las semillas mediante la inoculación.

El modo más eficiente de obtener una cepa de *Rhizobium* / *Azospirillum*, es aislarlo, en el caso de *Rhizobium* a partir de los nódulos extraídos de la raíz de la leguminosa en estudio o de muestras de suelo donde crece la leguminosa; para el caso de *Azospirillum* aislarla a partir de muestras de suelos y/o de las raíces del hospedero, que se colectan en el campo donde

crece la planta. Para el aislamiento de los *Rhizobium*, se debe escoger una planta vigorosa, fuerte, sana, hojas con coloración verde normal o verde oscuro intenso; una vez escogido la planta, se hace un círculo de aproximadamente de 15cm. alrededor de la planta, donde se cava en ese perímetro hasta una profundidad de 20 cm. o más, se extrae cuidadosamente la planta con raíces y nódulos. Para el caso del aislamiento de *Azospirillum* se extrae plantas con raíces completas.



Figura 2. Nódulos (*Rhizobium*) en raíces de leguminosas y raíces de gramíneas para aislar *azospirillum*

2. Aislamiento de cepas de rizobios a partir de nódulos de leguminosas y muestras de suelos

El material de nódulos y raíces son acondicionadas en el laboratorio, donde se retira toda la tierra adherida a las raíces, se lavan con agua corriente (limpia), se separan las raíces de los tallos (buena nodulación, grandes nódulos, de preferencia localizados en la raíz principal, con coloración roja intensa, que indica que los nódulos están activos, fijando nitrógeno y corresponden a cepas eficientes). Si el aislamiento no va a ser realizado inmediatamente, es posible conservar los nódulos en tubos con pellets de cloruro de calcio como desecante y conservados a baja temperatura. En el caso de raíces de gramíneas pueden conservarse a baja temperatura al igual

que los nódulos. Cuando el aislamiento es realizado inmediatamente después de la colección, los nódulos lavados con agua, son secados con papel absorbente. Estos nódulos y raíces según su origen, edad, etc., contienen en su superficie microorganismos contaminantes, por lo que hay que limpiarlos y esterilizarlos superficialmente para eliminar los microorganismos, para después proceder al aislamiento de las cepas.

Para el aislamiento utilizar nódulos sanos, recién separados de las raíces o conservados a baja temperatura, si se usan nódulos viejos o desecados, hay que tener precauciones para recuperar *Rhizobios* de entre los contaminantes como los hongos que pueden suprimirse selectivamente mediante el uso de actidione (Cicloheximida) en el medio de cultivo.



Figura 3. Colecta de nódulos de frejol canario, Ocobamba - Apurímac 2019.

Los nódulos separados de las raíces, lavados y secados con papel absorbente estéril, son colocados en tubos conteniendo etanol al 95% por 5 a 10 segundos, luego se transfieren a tubos con solución desinfectante (agua sanitaria 2% o bicloruro de mercurio al 0,1% HgCl_2 u otro desinfectante), donde son dejados entre 1 a 5 minutos para después ser transferidos a recipientes con agua destilada estéril, este es el primer lavado, que debe ser repetido 5 veces más. Últimamente se está utilizando el hipoclorito de sodio en lugar del bicloruro, que es muy tóxica, sin embargo, la experiencia muestra que el bicloruro es más eficiente para desinfectar los nódulos. Después del lavado y desinfección, utilizar un nódulo seleccionado que se transfiere a un tubo de ensayo conteniendo solución salina estéril al 0,85% (o medio de cultivo líquido), donde se macera el nódulo usando una varilla de vidrio esterilizada, el líquido espeso producto de la maceración del nódulo, se siembra con la ayuda de una pipeta de Pasteur o una asa de kofle a una placa Petri conteniendo el medio de cultivo específico (Levadura-manitol-agar - LMA), donde es estriada (riscado), los nódulos medianos y

grandes pueden manejarse con la ayuda de pinzas para disección o aplastar el nódulo en el medio y estriarlos. Las placas son incubadas entre 25°C a 30°C durante 4 a 8 días, el tiempo de incubación dependerá de la especie de *Rhizobium* que está siendo aislado, en el caso de la cepa de *Bradyrhizobium* (soya, tarwi, maní, etc.) el periodo de incubación es de 8 días, pues es una bacteria de crecimiento lento; En caso de *Rhizobium* bacteria de crecimiento rápido (frejol, arveja, haba, lenteja, alfalfa, tréboles, etc.) su periodo de crecimiento es de 4 días. Al final de la incubación y si el trabajo ha sido bien realizado, es posible obtener y observar crecimiento de colonias típicas a lo largo de las estrías como las mostradas en la figura N° 2 y 3 que se presenta. Después, de cada colonia aislada es sembrada nuevamente por el método de agotamiento en otras placas conteniendo medio LMA. En seguida se escogen colonias típicas, aisladas y puras que se siembran en tubos de ensayo o placas con medio para conservarlas hasta el momento de su uso, las pruebas de identificación y selección.

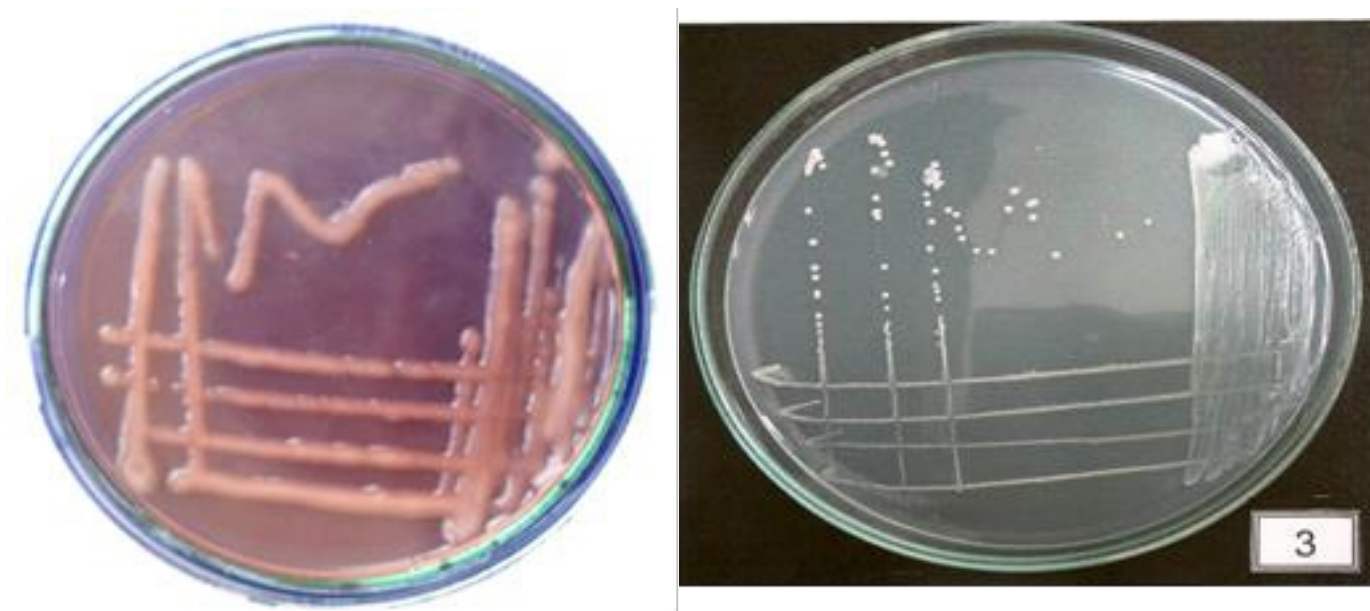


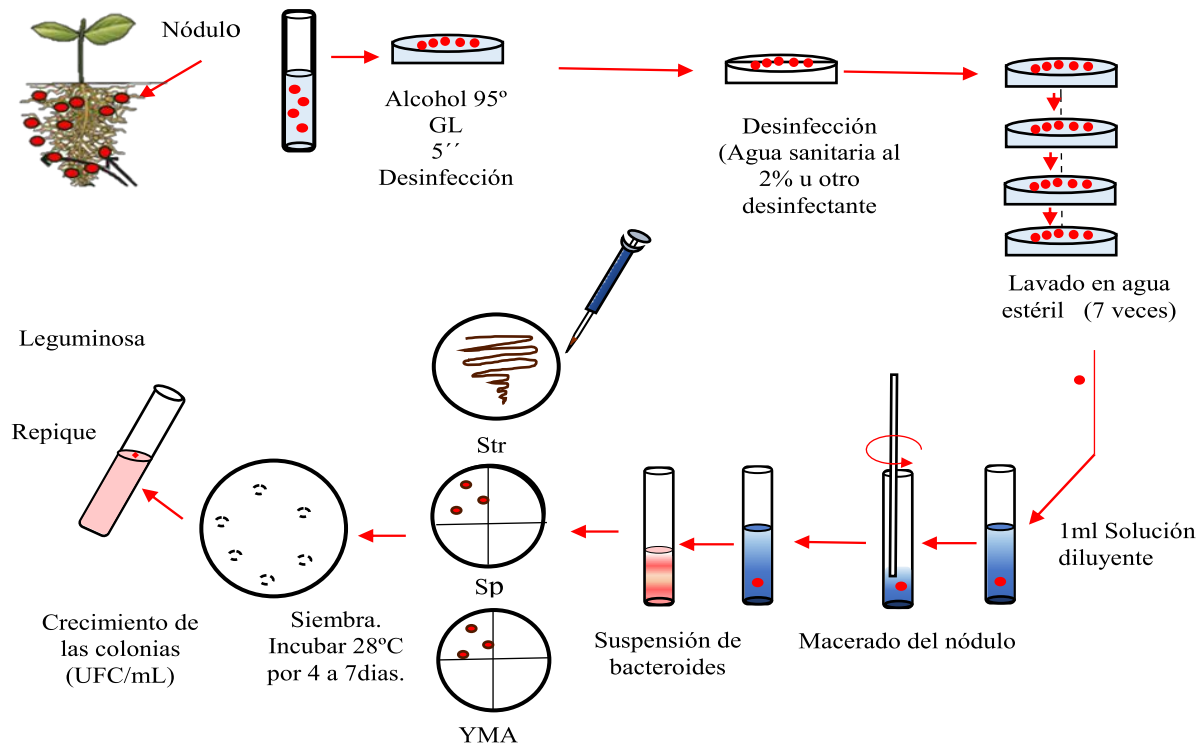
Figura 4. Colonias de *Bradyrhizobium* y *Rhizobium Leguminosarum* biovar *phasioli*.

2.1. Procedimiento de aislamiento de *Rhizobium/Bradyrhizobium* a partir de nódulos de las leguminosas

- Usar nódulos seleccionados o al azar, según el propósito del trabajo y lavarlos nódulos enérgicamente con agua para eliminar la tierra y contaminantes.
- Sumergir los nódulos en etanol 95% por algunos segundos (5 – 10 segundos)
- Luego sumergir los nódulos en una solución al 0.1% de bicloruro de mercurio acidificada, durante 1 a 3 minutos, según el tamaño de los nódulos, podemos usar H_2O_2 al 3-5% (en este caso no hacer lavado) y/o agua sanitaria al 2%.
- Lavar los nódulos desinfectados por lo menos 6 veces, en agua destilada- estéril.
- Aplastar el nódulo con una pinza estéril sobre la superficie

del medio de cultivo, (Levadura-manitol-agar (LMA) conteniendo 0,002% de actidione); se puede cortar el nódulo asépticamente y extender el jugo nodular sobre el medio.

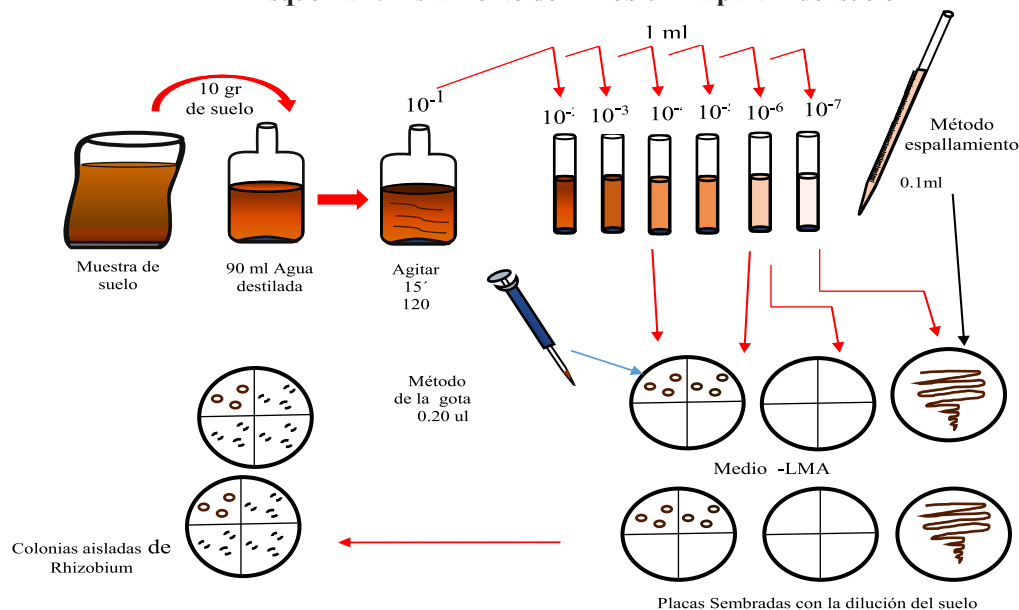
- Incubar las placas a 25-30°C, durante 4 a 8 días, seleccionar las colonias aisladas a lo largo de las estrías de la siembra, colonias típicas de *Rhizobium* (gomosas, acuosas, translúcidas, enteras, blanquecinas o ligeramente rosadas de acuerdo a la especie).
- Repicar de una colonia típica aislada directamente para el medio LMA, medio inclinado en tubos y/o placas, de ser necesario repetir la siembra por estrías para obtener colonias aisladas.
- Colocar un rótulo y registrar el aislamiento, relacionando número de cultivo, (origen, lugar, hospedero, fecha, nombre técnico del cultivo, etc.).

Esquema 1: Aislamiento de rhizobium a partir de nódulos**2.2.Procedimiento de aislamiento de cepas de Rhizobium/Bradyrhizobium a partir del suelo**

Método por el cual se puede aislar cepas de Rhizobium de suelos donde crece la leguminosa en estudio, son utilizados en casos excepcionales, donde es necesario usar el suelo para aislar la cepa. Para esto el método práctico es sembrar en este suelo semillas esterilizadas superficialmente de la leguminosa que se quiere aislar la cepa (de ser necesario corregir el pH y fertilizar el suelo); cuando las plantas de leguminosas sembradas se encuentran en inicio de floración, se evaluarán la presencia de nódulos que nos indicarán que en el suelo existen bacterias de Rhizobios específico para la leguminosa; de estos nódulos hacer el aislamiento de los Rhizobium (método indicado anteriormente), es un método

indirecto de aislamiento.

Otra variante de este método es tomar una muestra del suelo en estudio y realizar las diluciones seriadas e inocular alícuotas de la dilución realizadas en plántulas o semillas desinfectadas de la leguminosa en estudio, creciendo en un medio con soporte estéril, (vasos con arena estéril, vermiculita, etc. y solución nutritiva), evaluar la nodulación y obtener nódulos para el aislamiento del Rhizobium. Otra forma de aislar cepas de Rhizobios a partir del suelo es hacer las diluciones del suelo e inocular semillas o plantas que están creciendo en un medio estéril y después del crecimiento e inicio de floración, observar la presencia de nódulos en las raíces y aislarlas de igual forma que el método anterior.

Esquema 2. Aislamiento de rhizobium a partir del suelo

3. Purificación de las Cepas de *Rhizobium*/ *Bradyrhizobium*

La purificación de las cepas aisladas (conservadas) son repicadas en medios LMA específicos para *Rhizobium* y/o *Bradyrhizobium* contenido en tubos y/o placas; a partir de cepas jóvenes se hacen suspensiones bacterianas en 1 mL en agua destilada, de estas suspensiones se siembran por agotamiento o esparcimiento para conseguir colonias aisladas y se incuban a 28°C por 48 horas; a las colonias típicas se les hace la coloración Gram, para verificar si son bacilos Gram (-), que es característica del género, una vez verificada se les transfiere a los tubos con medio LMA Inclinado, constatado nuevamente sus características de crecimiento y reacción a la coloración Gram.

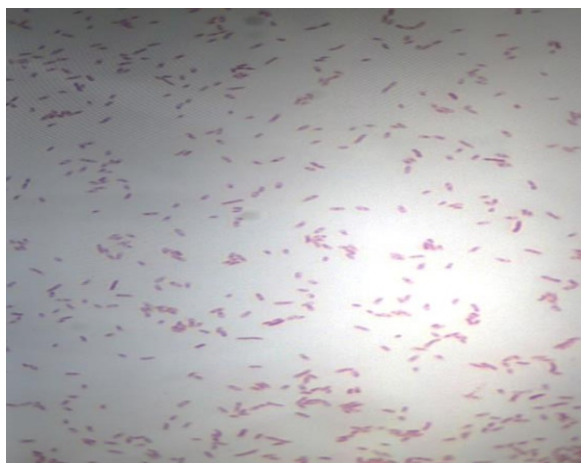


Figura 5. Observación microscópica bacilos Gram (-) de cepas de *Rhizobium*.

3.1. Procedimiento Para La Purificación De Las Cepas Aisladas De *Rhizobium*/ *Bradyrhizobium*

- Tomar una azada de la cepa a purificar y homogenizar en 1 mL de solución salina 0.85% u otra solución diluyente (agua destilada, solución sales minerales, etc.)
- Se toma una azada de dicha suspensión y se siembra en placas con medio LMA (Sólido), por el método de agotamiento e incuban a 28°C por 48 horas.
- Proceder al estudio de los diferentes tipos de colonias desarrolladas, realizando el Gram de todas ellas, se puede mejorar el trabajo, seleccionando las colonias que interesa por las características de la especie de *Rhizobios* (Colonias incoloras, blanquecinas, transparentes y fluidas), al microscopio se observará bacilos Gram (-) y de 1 a 3 micras de tamaño.
- Una vez definida la colonia característica, se toma una pequeña porción y se replica para tubos con aza de kolle, incuban el medio sembrado de 3 a 5 días hasta que aparezcan colonias.
- Nuevamente hacer la coloración Gram, para verificar el resultado anterior, si es *Rhizobios* guardar definitivamente en el cepario.
- Probar las cepas purificadas en condiciones de Solárium e invernadero frente a plantas leguminosas hospederas susceptibles a la nodulación, para probar la efectividad; comprobando la formación de nódulo como prueba definitiva de que la cepa aislada y purificada es el *Rhizobium* y/o *Bradyrhizobium*.

4. Identificación de las Cepas de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*

Lo primero que hay que hacer para la identificación de *Rhizobium* / *Bradyrhizobium*, será confirmar si la cepa aislada es realmente un bacilo gran negativo, se deberá hacer la coloración de Gram, técnica que continúa siendo la mejor y más útil para la identificación de las bacterias.

El primer paso es la tinción de Gram, se realizará un frotis de la suspensión bacteriana, secada al calor, añadiendo el colorante Cristal de Violeta por un minuto, se lavará suavemente con agua corriente y luego se añadirá el lugol para fijar, después de decolorar con alcohol, se volverá a lavar con agua. El paso final será añadir la safranina, dejando actuar por un minuto, secando la lámina para después observar en el microscopio. A pesar de ser una técnica muy sencilla es muy importante seguir los pasos, siendo lo más crítico la preparación del frotis y la decoloración. Los *Rhizobium* son bacilos Gram negativos (-) y se observará de forma redonda, casi cocos de color rojiza.

Otra prueba para distinguir *Rhizobios* de otras bacterias como *Agrobacterium* es la prueba de la ketolactasa, porque solamente los *Rhizobium* y el *Agrobacterium* serán capaces de formar “deformaciones” en las raíces de las leguminosas, en el caso de *Agrobacterium* formará “tumores” que pueden ser confundidos con nódulos. La prueba consiste en sembrar las bacterias en placas con medio de cultivo (Levadur-lactasa-Agar-LLA) esto será incubada a 28°C por 24 horas, al final del periodo de incubación, las placas se cubrirán con reactivo Benedict a temperatura ambiente durante 10 minutos; la presencia de 3-ketolactasa formará un anillo amarillo alrededor de las colonias bacterianas, que confirma que se trata de *Agrobacterium*.

Las dos pruebas ayudan para la autenticación de *Rhizobium*, sin embargo el único criterio definitivo para autenticar los *Rhizobium* es su habilidad de formar nódulos en la leguminosa hospedera (Infectividad).

La prueba de infectividad será realizada mediante la inoculación de las semillas de la planta homóloga (hospedera), creciendo en medio estéril, para ello se prepara una suspensión del aislado que se quiere autenticar y esa suspensión se inocula a las plantas.

El sistema de crecimiento que se va usar para la infectividad va depender del tamaño de las plantas utilizadas para las pruebas de identificación, esta prueba puede ser hecha en tubos de ensayo, semillas pequeñas, bolsas de polietileno con solución nutritiva (Solárium), cuando se trabaja con plantas de semillas grandes las pruebas de infectividad serán realizadas en macetas o jarras de Leonard, jarras especiales, bolsas de polietileno de alta densidad o puede utilizarse baldes de plástico limpios y desinfectados, el sustrato estéril está constituida de (Arena, carbón, montmorillonita, vermiculita, etc.) en condiciones de invernadero, donde se siembra las semillas y se inocula con la suspensión del aislado que se quiere autenticar. Después de la inoculación de las semillas, será necesario evaluar el crecimiento de las plantas, principalmente la presencia o ausencia de nódulos, si hay formación de nódulos se confirma que es un *Rhizobium*, esta prueba también ya nos da una idea de la eficiencia del aislado, siempre debe colocarse un testigo no inoculado como control y descartar cualquier contaminación con *Rhizobium* de otras fuentes.



Figura 6. Formación de nódulos de *Rhizobium* en tubos con leguminosas en condiciones de solárium y en macetas con área y solución nutritiva en invernadero.

Técnicas de caracterización de los *Rhizobium* y/o *Bradyrhizobium*

Actualmente existen muchas técnicas para caracterizar los *Rhizobium*, que van desde las características morfológicas, microscópicas, fisiológicas y bioquímicas hasta el análisis del ADN. Aquí vamos a centrarnos en aquellos que son útiles para la Producción de inoculantes.

Una de las características muy importantes en el trabajo de Laboratorio con *Rhizobium* es la forma como las colonias crecen en el medio de cultivo, debido a que el tamaño, forma y aspecto de las colonias suelen ser bastante constante para cada género y especie bacteriana, el crecimiento colonial se usa como característica diferencial, para ello se debe considerar los siguientes aspectos: tamaño, forma, elevación y bordes de las colonias, otras características que debe ser observada son: superficie, consistencia, transparencia y coloración de las colonias.

Otra característica importante, es la producción de alcalinidad o acidez del *Rhizobium*, para determinar esta característica, los *Rhizobium* son sembrados en medio LMA con indicador azul de bromotimol.

Las cepas de *Rhizobium* de soja y frejol presentan diferentes tasas de crecimiento, es así que las cepas de frejol, después de 2 días de incubación ya presentan colonias visibles, mientras, mientras que las cepas de soja recién después de 7 días presentan colonias observables.

Las placas con *Rhizobium* están completamente crecidas a los 3 a 5 días (llenas), mientras que las de *Bradyrhizobium*, recién a los 10 días están con buen crecimiento colonial.

Las diferencias en la tasa de crecimiento se dan no solo a

nivel de género sino hay diferencias dentro de la misma especie e incluso entre cepas de la misma especie.

4.1. Caracterización microscópica de los *Rhizobium* y/o *Bradyrhizobium*

Los *Rhizobium* vistos al microscopio son bacilos Gram negativos, tamaños variables de 0.5 -0.9 micras x 1.2 -3.0 micras, inicialmente a las 24 horas de crecimiento son bacilos largos y delgados, después de 48 horas son medianos a cortos y a las 72 horas son de forma casi cocoide, cortos y redondos.

4.1.1. Caracterización macroscópica de los *Rhizobium* y/o *Bradyrhizobium*

Los *Rhizobium* forman colonias redondas, convexas y de tamaño variable, desde 1 mm. en estirpes de crecimiento lento (*Bradyrhizobium*) y de 4 – 5 mm. Cepas de crecimiento rápido (*Rhizobium*). La coloración de las colonias varía de blanco claro, lechoso, gomosos, translucidos, textura grumosa, velocidad de crecimiento de 3 a 5 días para crecimiento rápido y de 5 a 10 días (crecimiento lento), en medio LMA con indicador rojo Congo, las colonias se presentan ligeramente rosadas, en medio con azul de bromotimol las estirpes de crecimiento rápido cambian el color del medio, de verde claro para amarillo (ácido productor) y las cepas de crecimiento lento, cambian el color del medio para azul (álcali productor) alcalinizan el medio, pH mayor de 7.0.

En medio de cultivo Glucosa-peptona - Agar más indicador púrpura de bromocresol, los *Rhizobium* de crecimiento rápido tienen poco crecimiento y no hay cambios en el pH del medio y los *Bradyrhizobium* de crecimiento lento no presentan crecimiento en este medio, si se observa abundante crecimiento, posiblemente se trate de un contaminante.

5. Aislamiento de Cepas de *Azospirillum* a partir de Raíces de Plantas Hospederas (gramíneas y otras) y/o Muestras de Suelo

5.1. Distribución ecológica y características de las cepas de *Azospirillum*

Las cepas de *Azospirillum*, se encuentran en abundancia en las regiones tropicales asociadas principalmente a gramíneas (maíz, trigo, arroz, sorgo, etc.), concentraciones de 10^6 células/gr de raíz y/o suelo, valores similares fueron encontradas en plantas de clima templado, frías y desérticas pues esta bacteria *Azospirillum*, muestra una amplia distribución geográfica, donde el pH del suelo juega un papel importante en la presencia de las especies de *A. brasilense* y *A. lipoferum*, encontrándose en mayor abundancia en suelos con valores de pH cercanos a la neutralidad y no lográndose aislar en suelos con pH menor a 4.5; el porcentaje de arcilla, contenido materia orgánica, la capacidad de retención de agua y el contenido de nitrógeno afectan positivamente la sobrevivencia del *Azospirillum*; el tamaño de partículas de arena, la alta concentración de carbonato de calcio afectan negativamente la sobrevivencia de esta especie en ausencia de plantas. (Dobereiner, et al, 1995, Caballero-Mellado, et al. 2000).

Las bacterias de *Azospirillum*, han sido aisladas de la superficie de la raíz de una amplia variedad de plantas y de su rizosfera incluyendo cereales como maíz, trigo, arroz, sorgo, avena, pastos forrajeros (*Cynodon dactylon*, *Poa pratense*, *Festuca arundinacea*), especies de *Pennisetum spp.*, *Panicum spp.*, henequén (Cabuya), *Agave fourcroydes*, plantas cactáceas *Opuntia ficus indica* (tuna), *Stenocereus spp.* (Pitahaya) y otros. (Caballero-Mellado, et al, 2000).

Los *Azospirillum*, difieren en su capacidad de utilizar diferentes compuestos como fuente de Carbono y Nitrógeno, estas bacterias usan para su crecimiento unos pocos monosacáridos y disacáridos, así como alcoholes polihidroxilados y diversos ácidos orgánicos como ácido málico, succínico y algunos aminoácidos, el uso de diferentes fuentes de carbono, tanto *A. brasilense* y *A. lipoferum* tienen todas las enzimas de la vía de Embden-Meyerhof-Parnas y la vía Emtner- Doudorof, así como todas las enzimas del Ciclo los Ácidos Tricarboxílicos.

La bacteria de *Azospirillum* tiene la capacidad de crecer autotróficamente con H_2 y CO_2 , proceso en el que participa la Ribulosa-1-5 difosfato carboxilasa. Algunas cepas de *Azospirillum* tienen la capacidad de producir bacteriocinas, ventaja competitiva, producir sideróforos (Agente quelante del hierro) durante la colonización de la rizosfera y superficie de la raíz.

El envejecimiento celular en presencia de metales pesados provocan que las células de *Azospirillum* cambien de morfología, para formas "C" son quistes, agregados de células formando grumos de gran tamaño, residuos de arabinosa presentes en el exopolisacarido y polisacárido capsular, el PHB (*Polihidroxibutirato* reserva de carbono y energía), que mejora la sobrevivencia, confiere mayor resistencia a la falta de humedad, a la luz ultravioleta y al choque osmótico.

Para el aislamiento de las cepas de *Azospirillum* se utiliza básicamente la misma metodología que es usada para el *Rhizobium/Bradyrhizobium*, con algunas modificaciones.

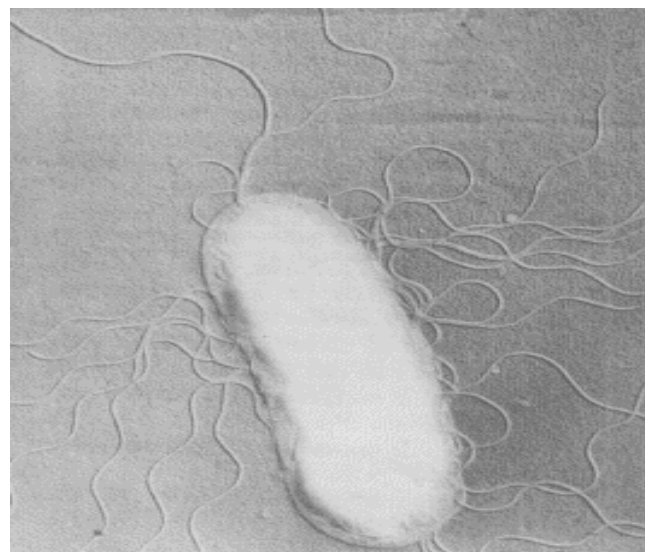


Figura 7. Microscopia electrónica del *Azospirillum spp.*

5.2. Aislamiento de cepas de *Azospirillum* a partir de raíces de la planta hospedera



Figura 8. Raíces de plantas de maíz para aislamiento de *Azospirillum spp.*

5.2.1. Proceso de aislamiento de cepas de *Azospirillum* a partir de suelo y raíces de la planta hospedera

Para el aislamiento de *Azospirillum brasilense* y *Azospirillum lipoferum*, podemos utilizar la metodología propuestas por Dobereiner et al., 1995. Con algunas modificaciones en el tiempo de desinfección, número de enjuagues, dilución y siembra, etc.

Los procesos de aislamiento a partir de suelo y raíces, son:

- Las raíces de plantas colectadas en el campo, serán lavadas en agua corriente para retirar los residuos de tierra, luego serán cortadas en pedazos de 10 cm.
- Este material será secado con papel absorbente, luego pesar 10 gr de raíz, la que servirá para realizar la dilución decimal seriada de las muestras.
- Los 10 gr de raíz serán esterilizadas, sumergiéndolas en una solución de Cloro (Cloramina-T) a 1% ($C_7H_7ClNaO_2S_3 H_2O$) ó $Hg Cl_2$ al 0.01%. El tiempo de esterilización será de acuerdo a la edad, estado fenológico y tipo de planta, por ejemplo: las raíces de maíz y sorgo en fase de floración se esterilizará por 30 a 60 minutos, en caso del arroz y trigo será entre 5 a 15 minutos.
- Las raíces retiradas de la solución de cloro son colocadas en frascos conteniendo agua destilada, para eliminar el desinfectante las que serán sumergidos por 10 minutos.
- Pasado el tiempo se transferirán a una solución tampón de fosfato 0.05 M (pH 7.0) y posteriormente serán lavadas con agua destilada estéril. Estas dos etapas tendrán el mismo tiempo de esterilización.
- Se recomienda utilizar un control para verificar si el proceso de esterilización de las raíces fue realizada correctamente, que consiste en dejar las raíces en agua destilada-estéril el mismo tiempo que la esterilización

utilizada para las raíces.

- Las porciones de raíces de 10 cm serán cortadas entre 1 a 2 cm, para luego ser trituradas o maceradas en 90 mL de solución salina estéril (0.85% de NaCl), de esta solución (dilución cero), se tomará un 1 mL para realizar diluciones seriadas sucesivas.
- Se inocularan los medios de cultivo NFB semi-sólido, con 0.1 mL (suspensión de raíces) en tubos o frascos (viales), con 3 ó 5 repeticiones, que serán incubadas durante 4 a 7 días a 35°C.
- Después de este tiempo será posible observar la formación de una película sub-superficial (sombrija o velo), como indicador de un crecimiento positivo.
- Cuando la película llega a la superficie del medio semi-sólido NFB, una pequeña cantidad de esta película (cultivo bacteriano), será transferido para un tubo conteniendo nuevo medio NFB semi-sólido, que se incubará a la misma temperatura hasta que otra película sea formada.
- De la película formada, se tomará una nueva muestra y será sembrada en placas con medio NFB sólido (15gr agar/litro), enriquecido con 20 mg de extracto de levadura, después del periodo de incubación de 3 a 5 días es posible observar colonias de *Azospirillum* de estas dos especies, que son pequeñas, secas y blancas.
- Para el aislamiento de *Azospirillum* a partir de suelo, el procedimiento es similar a los descrito para raíces, siendo la diferencia que en este caso se utilizará 10gr de suelo rizosférico, realizando las diluciones seriadas decimales e inoculación en los medios respectivos; sin la necesidad de realizar las desinfecciones o esterilizaciones. Sin embargo una vez formada el velo que indica crecimiento positivo, será necesario realizar las resiembras constantes igual que el aislamiento a partir de raíces y obtener las colonias de *Azospirillum*.

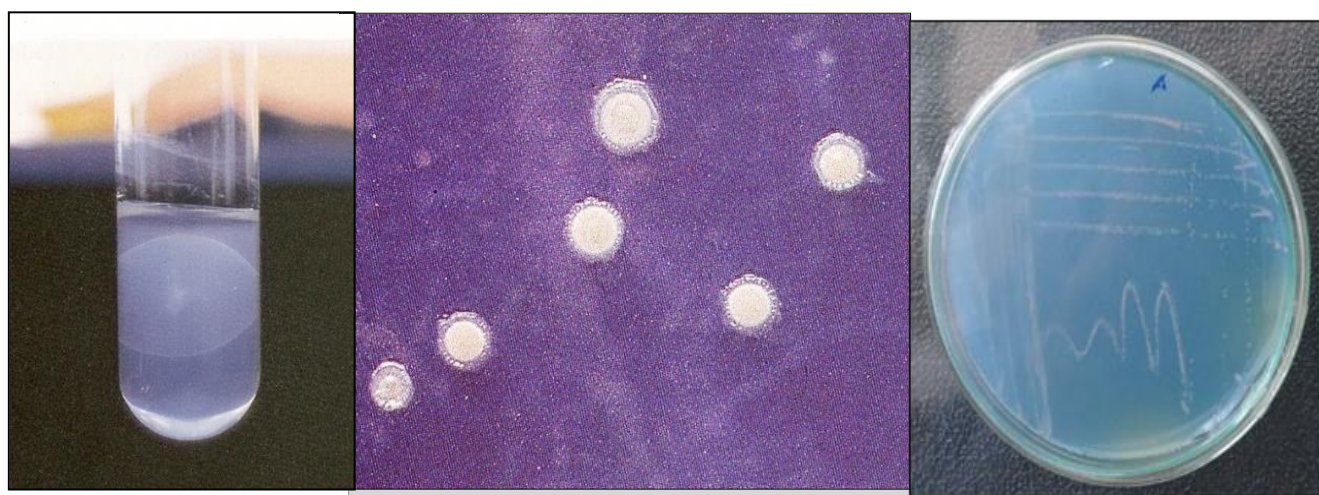
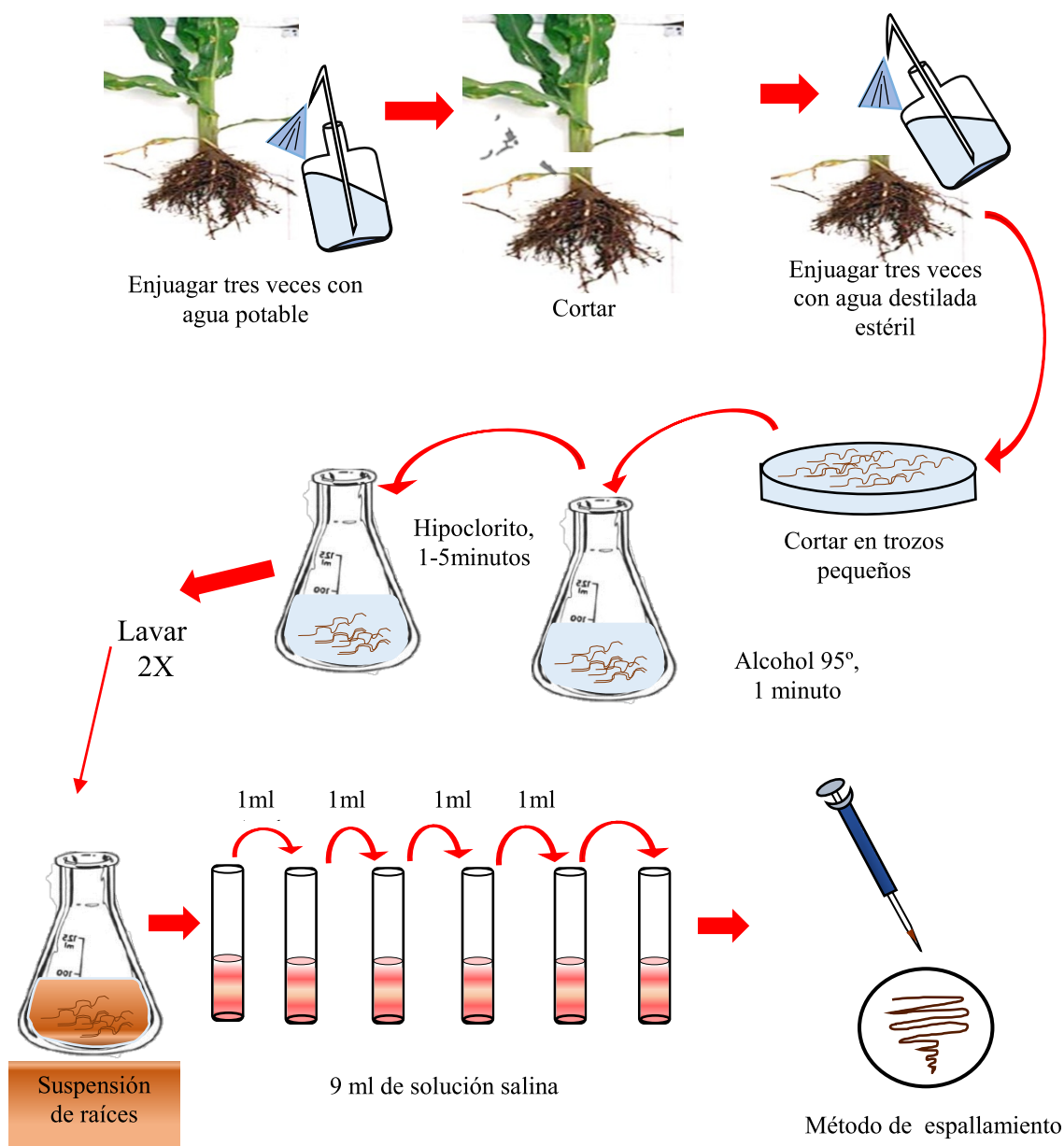


Figura 9. Crecimiento de *Azospirillum* spp. en medio líquido (velo) y colonias en medio sólido.

Esquema N°3: Aislamiento de *Azospirillum* a partir de raíces**5.2.2. Proceso de aislamiento de *Azospirillum* a partir de las hojas y tallos**

Las hojas y tallos colectados para el aislamiento de *Azospirillum*, serán lavados con agua corriente, secados con papel absorbente, luego esterilizados superficialmente con algodón embebido con alcohol 70% (limpiar la hojas y el tallo con bastante cuidado).

Se recomienda utilizar el medio semi-sólido NFb sin nitrógeno, incubada a temperatura de 35°C, donde se observará el crecimiento en forma de una película (velo o nata); en las diluciones 10^2 a 10^5 , después de 3 a 5 días se podrán observar colonias de *Azospirillum*, pequeñas, secas y blancas. Para purificar estas colonias serán transferidas para nuevos medios de cultivo NFb semi-sólido, se deberá

considerar solo las colonias que forman películas, las que serán repicadas en medio sólido conteniendo solución de papa; de las colonias crecidas (sombrija o velo), serán repicadas en medio NFb semi-sólido y después de formada la película, repicar para medio selectivo NFb glucosa que nos indicará si son *Azospirillum lipoferum* o *Azospirillum brasilense*.

Estas cepas aisladas deben ser almacenadas y conservadas hasta el momento de su uso, así como para realizar pruebas bioquímicas y fisiológicas para su identificación, padrones de proteína celular, polisacáridos, técnicas inmunológicas, aglutinación, precipitación, inmuno-electroforesis, inmuno-influorescencia, inmunodifusión, técnicas de Elisa e identificación de genotipos, sondas de secuencia de gens, reacción de cadena PCR de los gens 15S y DNA.

5.2.3. Proceso de aislamiento de cepas diferentes de especies de *Azospirillum*

El descubrimiento de las nuevas especies de *Azospirillum* se debe al uso de medios semi-sólidos sin nitrógeno. Donde esta bacteria por sus características de aerotaxia, se mueven para la zona donde la difusión de oxígeno está en equilibrio con la tasa de multiplicación celular, en esta zona se forma una película en forma de velo, 5.0 -10.0 mm debajo de la superficie del medio, moviéndose en dirección a la superficie para liberar el oxígeno en exceso que se acumula activando la nitrogenasa. (Dobereiner, J, Baldani, 1995). Para el aislamiento de cepas de *Azospirillum brasilense* y *Azospirillum lipoferum* se utilizará el medio Nfb semi-sólido, que es inoculado con 0.1 mL de suspensión de suelo o raíces lavadas y esterilizadas de plantas en estudio, incubadas a 35°C de temperatura por 4 a 7 días; cuando la película fina aparezca en la superficie se transferirá con una alza de platina una cantidad al nuevo medio Nfb semi-sólido y se incubará a la misma temperatura hasta que una nueva película (velo) se haya formado. En esta fase los cultivos son sembrados (estriados) en placas conteniendo medio Nfb Sólido (15g Agar/litro), adicionada de 20 mg de extracto de levadura. Después de la Incubación por 3 a 5 días, aparecerán colonias pequeñas, secas y blancas. Para la purificación final de estas colonias, serán transferidas para nuevos medios Nfb semi-sólido y después de la formación de la película (velo), serán sembradas en placas medio de solución de papa. Las colonias formadas en este medio serán blancas-amarillentas, tornándose rosaseas, pequeñas y estructuradas, después de una semana de incubación a 35°C una colonia de cada placa es repicada para medio Nfb semi-sólido, con la finalidad de caracterizar la especie y su conservación. El *Azospirillum lipoferum* y *Azospirillum brasilense* pueden crecer en medio Nfb líquido con NH_4Cl (1 g/litro).

El *Azospirillum irakense*, será aislado utilizando el mismo método anterior, siendo la temperatura de incubación a 33°C en vez de 35°C, las colonias se observarán transparentes, convexas, borde regular y tamaño de 1 mm. El *Azospirillum Halopraeferans* también puede ser aislado con el procedimiento anterior, con la diferencia que el medio contendrá 1.5% de NaCl y la temperatura de incubación será 41°C.

El *Azospirillum amazonense*, será aislada en medio de cultivo LGI semi-sólido (Dobereiner et al, 1995), inoculados con diluciones seriadas de raíces de gramíneas ó suelo rizosférico), donde se formarán películas finas en la superficie del medio LGI semi-sólido, incubados por 5 a 7 días a 32°C, estas serán repicadas para nuevos medios LGI semi-sólido, después del crecimiento serán sembradas en placas con el mismo medio LGI, añadiéndose 20mg de

extracto de levadura y 20gr de Agar/litro, las colonias formadas en este medio después de 5 días, tendrán la característica de ser pequeñas, blancas y estructuradas, las que serán transferidas para nuevo medio LGI semi-sólido y después de la formación de la película serán sembradas por estrías en placas con medio papa, donde esta especie formarán colonias grandes de hasta 5 mm, bien distintas, de coloración blanca achatadas y borde elevado. Dependiendo de la fuente de Carbono y Nitrógeno, la forma de las colonias puede ser alterada. Una colonia de cada placa será nuevamente repicada en medio LGI semi-sólido, para confirmación de la especie y posterior conservación. El *Azospirillum amazonense*, crece muy bien en medio LGI conteniendo KNO_3 (1g/litro).

6. Purificación de las Cepas de Bacterias de *Azospirillum* (*Azospirillum brasilense* y *Azospirillum lipoferum*) a Partir de las Colonias Aisladas

De las colonias aisladas serán transferidas a los nuevos medios de cultivo Nfb semi sólido y después de la formación de nuevo velo serán sembradas en placas con medios con papa (papa-azúcar-acido málico), las colonias formadas serán inicialmente blanco amarillas, cambiando para color rosa, pequeña y estructurada después de una semana de incubación a 35°C, finalmente una colonia de cada placa es repicada para medios Nfb semi sólido para la caracterización de la especie y conservación.

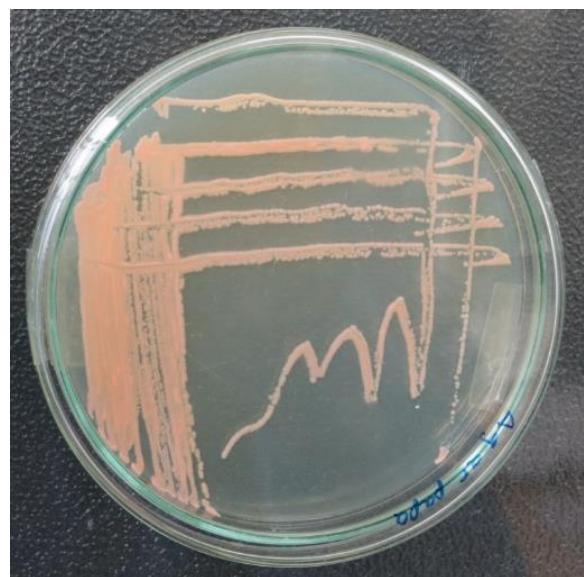


Figura 10. Placas con crecimiento de *Azospirillum* en medio agar-papa.

7. Identificación y Técnicas de Caracterización de las Cepas de *Azospirillum*

El género *Azospirillum* pertenece a la subclase alfa de las proteo bacterias, siendo la especie más estudiada el *Azospirillum lipoferum*.

La caracterización microscópica del *Azospirillum* presentan formas vibriode, pleomorfa y movilidad en espiral, estas células contienen grandes cantidades de poli-B-hidroxibutirato (PHB) hasta un 50% del peso celular; las células jóvenes, con abundantes gránulos refringentes, en cultivos semi-sólidos y sólidos con más de 24 horas de incubación, presentan forma ovoide y paredes gruesas similares a quistes. Diversas pruebas bioquímicas y fisiológicas son utilizadas rutinariamente para el reconocimiento de las especies de *Azospirillum*.

Diferenciación de especies del género se logra evaluándose la capacidad de usar diversos aminoácidos y su efecto sobre la capacidad de fijación de nitrógeno. Proteínas de membrana, así como patrones de proteínas celulares por electroforesis en gel de poliacrilamida-dodecil sulfato (SDS-PAGE), permite una clara diferenciación de las especies de *Azospirillum lipoferum*; *A. brasilense*; *A. amazonense*; *A. halopraeferans*; etc., (Caballero-Mellado, 2002).

Para la caracterización de los *Azospirillum*, las pruebas van a depender de la especie que se está trabajando.

La primera especie de *Azospirillum* fue aislada en 1925 por Beijerinck, a partir de suelos arenosos pobres en nitrógeno y originalmente se les llamo *Spirillum lipoferum*, a partir de allí, bacterias fueron aisladas de un sin número de plantas, Pero solo en 1975, la investigadora brasileña Johana Dobereiner y el investigador inglés, J, M, Day, reportaron la habilidad de fijar nitrógeno del género *Spirillum*, por lo que en 1978 fue cambiado el nombre para *Azospirillum*. Ese mismo año Terrand y col.1978, propusieron dos especies: *Azospirillum brasilense* y *Azospirillum lipoferum*. En 1996, investigadores de la Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA) Soya-Brasil, en conjunto con investigadores de la Universidad Federal de Paraná (UFPR), comenzaron a hacer trabajos de laboratorio y ensayos de eficiencia Agronómica en el campo.

La empresa “Stoller do Brasil”, en la que fui responsable del Laboratorio y de la Producción de inoculantes para gramíneas (maíz, trigo y arroz) y leguminosas, fue la primera empresa brasilera que inicio la producción y comercialización de inoculantes a base de *Azospirillum*, en Junio de 2009, siendo la producción de 870.000 dosis de inoculante líquido, la producción del año 2010 fue de 1.200,000 dosis, para el año 2011, la producción aumento para 1.800,000 dosis, actualmente la producción se encuentra entre los 3 millones a 3.500,000 millones de dosis. Las cepas utilizadas para la producción de inoculantes con *Azospirillum* para maíz, trigo y arroz, son las cepas Ab-V5 y Ab-V6 proporcionadas por la Universidad de Paraná (UFPR), encargada de suministrar las cepas de *Azospirillum*

para las empresas productoras de inoculantes.

8. Caracterización de las Cepas de *Azospirillum* Aisladas

Los cepas puras de *Azospirillum lipoferum* y *Azospirillum brasilense*, deben ser repicadas para medio NFb semi-sólido e incubadas por 48 horas a 35°C. Las células de *Azospirillum Brasilense* pueden identificarse como bacilus curvos, móviles, con 1,3 a 5 um, mismo después que el medio alcalinizo.

Las células jóvenes de *Azospirillum lipoferum* son idénticas, más cuando el medio se alcaliniza, las células quedan grandes, pleomorfas e inmóviles (10 micras de largo y de 3 a 5 micras de espesura).

Las dos especies también pueden ser identificadas por el crecimiento en medio con glucosa, donde solo la especie de *Azospirillum lipoferum* es capaz de usar glucosa como fuente única de carbono.

La especie de *Azospirillum irakense* es caracterizada por el crecimiento en medio NFb semi-sólido con 0.3% de NaCl y pH alcalino (7 a 8,5), estas células en medio nutritivas (caldo), pueden alcanzar el tamaño de 20 micras.

La especie *Azospirillum halopraeferans* es identificada por el crecimiento en temperatura de 41°C y tolerancia a condiciones salinas. Las células pueden alcanzar el tamaño de 12 micras x 0,7 a 1.4 micras de espesura cuando el medio se alcaliniza.

El *Azospirillum amazonense* es caracterizada por la habilidad de usar sacarosa como única fuente de carbono (*Azospirillum lipoferum* también crece en presencia de sacarosa). Las células de estas especies poseen tamaño de 0.9x 3 a 4 micras en medio LGI, las especies de *Azospirillum* también pueden ser separadas por el uso de sondas oligonucleótidos desarrolladas para esta especie.

8.1. Caracterización molecular de las cepas de *Azospirillum*

Para la caracterización molecular (Kirchof, G.; and A. Hartman, 1992), extrajeron ADN de la bacteria y realizaron el PCR y el RAPD, para la amplificación del ADN, utilizando los primers Rep., Eric y Cr17. La identificación genotípica específica a nivel del género y especie de *Azospirillum* se lograron en forma reproducible mediante el uso de sondas basadas en la secuenciación de genes 23S, rRNA con los oligonucleotidos reportados se lograrían tanto la identificación del genero *Azospirillum* como de las especies de *A. lipoferum*, *A. brasilense*, *A. amazonense*, *A. halopraeferans* y *A. irakense*, mediante experimentos tipo “dot blot”, estas sondas también pueden ser usadas para la detección in situ de la especie de *Azospirillum*.

9. Conservación de las Cepas de *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* y/o *Azospirillum*

Los cultivos bacterianos (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azospirillum* y otros), son fuertemente vulnerables y pueden contaminarse fácilmente, mutar o morir y perderse la cepa. Por estas razones la conservación de los cultivos de las cepas por métodos adecuados son muy importantes; existen muchos métodos que son usados para la conservación de cepas y se mencionan solo los más utilizados.



Figura 11. Forma de conservar cepas de *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* y *Azospirillum* sp.

- b. Otra forma de aumentar la sobrevivencia de la bacteria en el tiempo es por el almacenamiento de la cepa, restringiendo el aire en los cultivos, esto se consigue usando tubos con tapa rosca envueltos en papel parafilm, se puede aumentar la conservación restringiendo el oxígeno en el tubo adicionando 2 a 3 mL de aceite mineral o glicerina líquida estéril.
- c. Método de perlas de porcelana, consiste en repicar las cepas en medio líquido, cuando el cultivo haya crecido y se observará una suspensión densa (fase de crecimiento logarítmico), se agregará las perlas de porcelana que han sido previamente esterilizadas. Se retirarán las perlas, se dejarán drenar el exceso de la suspensión bacteriana y después serán transferidas para un recipiente estéril que contiene un desecante y encima una capa de algodón estéril, los cultivos son conservados en refrigeración y pueden ser almacenados por periodos de más de 1 año.
- d. El método de congelamiento, que consiste en hacer una suspensión bacteriana que ha crecido previamente en medio sólido, adicionando un agente crio- protector (glicerol, leche desnatada, etc.) y congelarlo a temperatura debajo de cero, en nitrógeno líquido o en congeladores. Cuando es hecho en congeladores, lo más recomendable es hacerlo a -70°C , en armarios

a. Método más simple de conservación consiste en la transferencia periódica de sub cultivos de la cepa, en tubos o placas, que consisten en resembrar la bacteria cada cierto tiempo, repicándolo en un medio nuevo, este método debe ser usado para la conservación por periodos cortos (2 meses o más), si los cultivos, son mantenidos a temperatura ambiente conservados en refrigeración a $4-7^{\circ}\text{C}$, este periodo puede extenderse hasta 6 meses.

- e. La liofilización es el método más usado para conservación de las colecciones internacionales y consiste en congelar rápidamente una suspensión de microorganismos después de eliminar el agua como vapor de agua directamente del hielo, para este proceso se emplean los equipos denominados liofilizadores, de los que hay muchos modelos en el mercado. Las cepas liofilizadas se conservan en ampollas de vidrio, los cultivos liofilizados se conservan, entre 0 y 5°C de temperatura durante muchos años (20 a 50 años de conservados).



Figura 12. Ampollas liofilizadas de cepas de *Rhizobium*.

Actualmente existen colecciones de cultivos de microorganismos (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azospirillum* y otros), en varias partes del mundo y su

objetivo es mantener las cepas en estado viable sin cambios morfológicos, fisiológicos o genéticos. Una de las colecciones más importantes se encuentra en la ciudad de Beltsville en EE.UU. que es parte del Departamento de Agricultura e investigación de USDA y que tiene más de 7,000 cepas de microorganismos (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azospirillum*, etc.).

En el Brasil, el Laboratorio de Microbiología Agrícola de la Fundación de Investigación Agropecuaria del Rio Grande del Sur, posee una colección de 1,000 cepas de *Rhizobium* y *Azospirillum* es la institución encargada de proporcionar las cepas para la producción de inoculantes y trabajos de investigación en el Brasil.

10. Pruebas de Efectividad de las Cepas de *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* y *Azospirillum*

Las pruebas de efectividad que se realizan para evaluar la habilidad que tengan las cepas que fijar nitrógeno con la leguminosa hospedera (*Rhizobium*) o la habilidad de Promover el crecimiento vegetal (*Azospirillum*), en condiciones adecuadas. Esto puede ser hecho en Solárium en tubos con medio de cultivo (con luz artificial, humedad y temperatura controladas), las pruebas de efectividad pueden ser realizadas también en condiciones de invernadero (usando Jarras de Leonard, macetas, vasos de plástico, bolsas, etc.).



Figura 13. Prueba de efectividad de cepas de *Rhizobium* en vivero para lenteja y en campo para cultivo de frejol.

Una forma de evaluar la efectividad del *Rhizobium*, es la nodulación, para esto se cuenta el número de nódulos de cada planta, peso de nódulos y se evalúan las características de nodulación de las cepas en los ensayos de invernadero y campo.

Resultados del experimento de campo con soya en UFRGS-Rio Grande del Sur-Porto Alegre, Brasil, fueron estudiados

tres tratamientos: un control (testigo) y dos tratamientos inoculados con *Bradyrhizobium* (cepas USDA-123 y NC-2005), los resultados muestran que todos los tratamientos inoculados fueron significativamente superior en rendimiento de granos, mayor porcentaje de nitrógeno y mayor cantidad de nitrógeno fijado en el suelo, en relación al tratamiento sin inocular la soya Kg/ha.



Figura 14. Rendimiento de granos de soya, tratamientos inoculados y sin inocular. Porto Alegre-Brasil.

1.1.Producción de Inoculantes Agrícolas para Leguminosas y Gramíneas

Actualmente en el mundo se producen inoculantes para todas las leguminosas y últimamente para gramíneas en algunos países, siendo la mayor cantidad producida para el cultivo de soya y frejol; y en gramíneas para maíz.

En el Perú la producción de inoculantes en pequeña escala es hecha principalmente por algunas universidades y pequeñas empresas, para leguminosas de interés, no teniendo una cobertura regional y nacional. En cuanto a los inoculantes para gramíneas con *Azospirillum* no hay producción disponible en el mercado.

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por los años 70-90 fue pionera en la producción de inoculantes principalmente para leguminosas forrajeras, por problemas sociales esta actividad disminuyó notablemente. Es así que a partir del año 2017 a la fecha a través del proyecto estratégico institucional se viene investigando (pregrado y post grado), seleccionando cepas y produciendo pequeños lotes de inoculante experimental para uso de pequeños, medianos productores, etc. de la zona de influencia de la universidad; usados en leguminosas y gramíneas forrajeras y alimenticias.

11.1.Producción de inoculantes sólido en soporte a base de turba

La producción de inoculantes a base de turba son las más producidas y utilizadas en mayor cantidad por los

agricultores por que el inoculante a base de turba es un soporte que protege a la bacteria del inoculante de algunos factores adversos como pH, temperatura alta, falta de humedad, efecto toxico de fertilizantes (micronutrientes) sobre las bacterias. Aunque esta tendencia últimamente está cambiando por el uso de inoculante líquido, principalmente por su facilidad de uso.

En la producción de inoculantes sólidos a base de turba para impregnar las bacterias, hay la necesidad de acondicionar y neutralizar el soporte previo a su preparación.

La turba es colectada en el campo (turberas) y secada al medio ambiente, luego el material es desmenuzado (partido), pulverizado en un molino de martillos o de bolas y cernido en un tamiz con agujeros de 250 μ m de diámetro. Generalmente el pH de la turba está entre 3.5 a 4.0 bastante ácida, por eso hay que neutralizarla adicionando un correctivo, que generalmente se utiliza el carbonato de calcio (CaCO_3), calcítico o Dolomítico, puede usarse calcáreo finamente molido o también hidróxido de calcio [$\text{Ca}(\text{OH})_2$]. La turba molida y neutralizada es colocada en bolsas de polipropileno o Polietileno de alta densidad y resistentes a esterilización.

La esterilización en Brasil utilizando autoclave era muy trabajosa y requería de embalajes especiales, resistentes a la esterilización y autoclaves grandes, actualmente la esterilización que está siendo usada por la mayoría de empresas productoras de inoculantes de otros es la

esterilización por irradiación por rayos gamma, que es hecha por la Empresa Brasileira de Esterilização (CBR), cuya fuente de energía de radiación gamma es el Cobalto 60, de uso restringido y controlado por el Estado Brasileño. El tratamiento con energía ionizante consiste en exponer los productos a ondas electromagnéticas cortas, de alto poder de penetración, que rompen las cadenas de ADN de las bacterias y microorganismos, el uso de la radiación gamma del Cobalto 60 utilizada para la esterilización del soporte a base de turba, permite que los productos sean procesados a temperatura de ambiente y directamente en su embalaje final, normalmente los sacos de turba son irradiados con 60 kilo greys (6 Megarrats). Cuando las bolsas con el soporte ya están esterilizados es transportado a la empresa productora de inoculantes y en el laboratorio en condiciones asépticas dentro de la cámara de flujo laminar se procede a la inyección del caldo de *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* y/o *Azospirillum* en el soporte, (producción de inoculante a base de turba), en cada bolsa de 500 gramos de turba estéril son inyectados aproximadamente 425mL de caldo de bacterias. La cantidad de caldo va a variar de acuerdo al tipo de turba utilizada, la capacidad de absorción de la turba, la humedad inicial del soporte, una vez finalizada la inyección del caldo, los agujeros de la inyección son sellados con una cinta adhesiva estéril y las bolsas con el inoculante son masajeados individualmente para distribuir homogéneamente el caldo en la turba, o puede ser utilizado un agitador mecánico para esta operación de homogenización.

Después de terminada esta operación, las bolsas de inoculantes son acondicionadas en cajas de isopor y sometidas a maduración del inoculante a temperatura de ambiente (25 a 30°C) durante 2 a 3 semanas, que es el periodo de tiempo en que las bacterias se impregnan, adaptan al nuevo medio y se multiplican hasta llegar altas concentraciones y se estabilizan, al final de este tiempo se realiza el control de calidad del producto, que sirve para definir el tiempo de vencimiento del producto, concentración inicial del inoculante, pureza y si esta apta para su comercialización.

11.2. Producción de inoculante líquido para leguminosas y gramíneas

El proceso de producción de inoculantes líquidos y sólidos (turbas) es semejante hasta la producción de caldo concentrado de bacterias y sin contaminantes en el reactor, a partir de este caldo se formula el inoculante líquido o sólido, la diferencia está, que una vez que el caldo de bacterias está listo en el fermentador de mayor volumen, y después de haberse realizado el control de calidad, se adiciona la “solución aditiva”, que es una mezcla de sustancias protectoras de las bacterias, que van a ayudar a su sobrevivencia y estabilidad en el caldo, se deja en agitación por unos 30 minutos para obtener una buena

homogenización, después de este tiempo el inoculante es distribuido (envasado) en bolsas de polietileno y/o polipropileno esterilizados por radiación gamma (60 kilo grey de dosis) u otro método de esterilización (autoclave, etc.), estos inoculantes envasados son almacenados en cajas de papelón o tecno por hasta su evaluación (control de calidad) antes de su comercialización.

12. Control de Calidad de los Inoculantes para Leguminosas y Gramíneas

En toda empresa el éxito de la producción va depender de la calidad, en el caso de los inoculantes los resultados del producto son vistos en el campo, en la buena instalación y producción de las leguminosas y gramíneas inoculadas.

En Brasil, el control de la calidad de los inoculantes es realizado por las fábricas que producen inoculantes y por el Ministerio de Agricultura (órgano oficial de control). En la industria se controla la calidad durante todo el proceso de producción del inoculante hasta su distribución y comercialización al cliente o productor y el Ministerio de Agricultura controla la calidad del producto final (inoculante) en la fábrica de producción o en los puntos de venta y/o entrega al cliente. El Ministerio de Agricultura del Brasil (MAPA), hace una fiscalización periódica, colecta las muestras de los inoculantes y los envía a los laboratorios oficiales credenciados para el análisis de la calidad, siendo el laboratorio de Microbiología de FEPAGRO que realiza la mayoría de los análisis.

En algunas fábricas, el control de calidad de los inoculantes es realizado en cada etapa de la producción, cuando la cepa llega a la industria, es realizada la siembra en medios de cultivo selectivos y es evaluada su pureza, características macro y microscópicas, se realiza la coloración Gram, características de su crecimiento en medios líquidos. Para evaluar la pureza de las cepas se utilizan medios selectivos con indicadores, como el medio Peptona – glucosa con purpura de bromocresol, Levadura -manitol –agar con rojo Congo, Levadura-manitol-Agar azul bromotimol, ayudan a evaluar las cepas, el medio Agar-papa-Dextrosa para ver si hay presencia de hongos. La presencia de contaminantes en los medios de cultivo son fáciles de detectar y evaluar, la Legislación del Ministerio de Agricultura de Brasil exige que los inoculantes a base de turba no presenten contaminantes hasta la dilución 10^{-5} . El control de pureza del cultivo es realizado en cada etapa de la producción, simultáneamente a este control se determina el número de células de rizobios viables presentes, esto se realiza por el método de dilución seriada sucesivas, el principio es que cada célula va a producir una colonia, para este fin, 1 mL de inóculo es colocado en un tubo con 9 mL de solución salina (0.85%),

después se toma 1 mL de este tubo y se inocula en tubos conteniendo 9 mL y esto se repite sucesivamente hasta la dilución 10^{-8} . Después se toman alícuotas de las diluciones deseadas y se siembran en placas con medio LMA, utilizando el método de la “gota” para lo cual se utiliza una micro pipeta, (pipeta automática) de 20 o 25 μ L (micro litros). Otros laboratorios utilizan el método de siembra por agotamiento, usando 1 mL de muestra por cada placa, siendo necesario utilizar muchas placas; en el método de la “gota”, la placa Petri se marca en 4 partes y con una micro pipeta y punteras estériles se siembra en cada una de las partes, 3 gotas por cada dilución, eso nos permite sembrar 4 diluciones en una misma placa, usando 3 placas por repetición. Las placas sembradas se colocan para incubar por 3 a 7 días de acuerdo a la especie de bacteria, después del crecimiento, las colonias se cuentan en un contador y los resultados son reportados como número de unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro (UFC/g o mL). La concentración de células vivas presentes en los tubos, Erlenmeyers, frascos de 20 litros y fermentadores siempre están siendo evaluados y controlados. En el fermentador final después de 2 días de crecimiento y multiplicación de las bacterias, se realiza el control de pureza y concentración bacteriana. La forma de determinar el número total de bacterias presentes varía entre las empresas fabricantes de inoculantes, algunas usan un espectrofotómetro que mide la cantidad de luz que atraviesa una suspensión de microorganismo en comparación con un blanco, que es el medio estéril y sin inocular. Cuanto mayor es el número de células en suspensión, tanto menor es el porcentaje de luz que atraviesa el medio. Para relacionar la transmitancia, con la densidad bacteriana es necesario hacer curva padrón de densidad conocida, sin embargo algunas bacterias con más goma pueden interferir en la determinación, por lo que es importante tener en cuenta para hacer las correcciones necesarias. La mayoría de las industrias productoras de inoculante en Brasil hace el conteo microscópico directo, que consiste en contar con un microscopio la cantidad de células presentes en un volumen determinado, para estos recuentos se utilizan generalmente cámaras de recuento, en este caso es usada la cámara de Petroff Hausser. Simultáneamente al conteo directo se realiza la siembra en placas por el método de diluciones sucesivas. En Brasil, el Ministerio de Agricultura exige que los inoculantes líquidos y turbosos tengan una concentración mínima de 10^9 células de *Rhizobios* por mililitro o gramo en el momento de la producción, por lo que el fabricante tiene que garantizar está concentración celular de sus inoculantes, por otra parte esta concentración debe mantenerse hasta la fecha de vencimiento del producto que es de 6 meses. El Ministerio de Agricultura de Brasil, también realiza el conteo de bacterias por semillas pre inoculadas, para esto usa el método de Burton modificada. Este método consiste en colocar la

semilla que ha sido pre-inoculada para crecer en tubos de ensayo, plantas de semillas pequeñas, en macetas con arena o vermiculita para plantas de semillas grandes. Son utilizadas 50 tubos o macetas por muestra y se incluyen además 6 controles negativos (-) y 6 controles positivos (+). Después de 25 a 30 días, debe haber por lo menos 30 plantas bien establecidas, noduladas y sanas para hacer la evaluación. En la evaluación se consideran positivas (+), las plantas que presentan en lo mínimo 3 nódulos en el cilindro imaginario de 2,5 cm. que se mide desde la parte superior de la raíz. Los resultados son reportados en porcentaje y se consideran satisfactorio el análisis que presente por lo menos 80% de las plantas noduladas.

La Legislación Brasileira exige que los inoculantes sean producidos con las cepas recomendadas por la RELARE. (SEMIA 587, SE-5019, SEMIA 5079 y SEMIA 5080), que pueden ser usadas individualmente o con 2 cepas mezcladas en cualquier combinación.

13. Métodos y Técnicas de Inoculación para Leguminosas y Gramíneas

La aplicación de los inoculantes a las semillas o en el suelo es llamada “**inoculación**”, existen varias técnicas de aplicar inoculante:

a. Inoculación en seco, consiste en mezclar las semillas con el inoculante y homogeneizarlas para que el inoculante se adhiera a las semillas, luego estas semillas inoculadas son colocadas en el depósito de la sembradora y durante la siembra ambos productos (semilla e inoculante) van cayendo en el surco de siembra del suelo.

b. Inoculación en forma húmeda o simple, para esta técnica, se debe tener un lugar fresco a la sombra, colocar las semillas sobre una superficie limpia como una tina, lona, plástico, etc. distribuir las semillas homogéneamente, a continuación se adiciona una solución adherente (goma arábiga 20-40%, cellofax (CMC) 5%, solución de harina de trigo o yuca al 10%, que pueden ser aplicadas manualmente o con una pala, la solución adherente tiene que estar en cantidad suficiente para mojar las semillas pero sin que estas queden demasiada húmedas, después se coloca el inoculante sólido a base de turba, se homogenizar bien, se deja orear a la sombra y la semilla estarán inoculadas y listas para sembrar.



Figura 15. Inoculación simple de semillas arveja, localidad de Quinua-Ayacucho.

Tabla 1. Cantidad de Inoculante en turba, semilla y diluyente para “inoculación simple”.

Tamaño Semillas	Inoculante (120Gr)	Cantidad De Semillas (kg)	Solución Diluyente (Agua) MI
Grandes (Frejol)	2 bolsita	35	700
Medianos (Alfalfa,)	2bolsita	20	800
Pequeños(T.blanco)	2bolsita	15	1200

c. Inoculación utilizando inoculante líquido, consiste en mezclar el inoculante con las semillas en un recipiente limpio, siguiendo las recomendaciones de las cantidades de

semillas e inoculante, homogenizarlas bien, dejarlas orear y sembrar bien de mañana o en la tarde, en horas de temperatura amena.



Figura 16. Inoculación simple de semillas de avena, localidad de Minascucho-Ayacucho.

Tabla 2. Cantidad de Inoculante líquido y semillas de leguminosas para “inoculación simple”.

Tamaño Semillas	Inoculante MI	Cantidad de Semillas (Kg)
Grandes (Frejol)	350	35
Medianos (Alfalfa,)	350	20
Pequeños(T.blanco,)	350	15

Tabla 3. Cantidad de Inoculante líquido y semillas de gramíneas para “inoculación simple”.

Tamaño Semillas	Inoculante Ml	Cantidad de Semillas (Kg)
Grandes (Maíz, etc.)	350	20
Medianas (trigo, cebada, arroz, avena y otros.)	350	10
Pequeñas (ray gras, etc.)	350	15

d. La inoculación en forma de “pellet” o pelletización, es otro método usado más en semillas pequeñas de leguminosas forrajeras (alfalfa, tréboles, vicias, etc.), puede ser realizada manualmente o en máquina de tratar semillas, cilindro, consiste, en tratar las semillas con el inoculante y un adhesivo adecuado como la goma arábica (40%), el cellofax (5%), CMC (5%) y un polvo de recubrimiento que puede ser el carbonato de calcio (CaCO_3) o cal dolomítica (55% de CaCO_3 y 35% de MgCO_3), cuando se usa una mezcladora para hacer los pellets las semillas son colocadas en una mezcladora, la máquina gira y revuelve las semillas durante un tiempo, el operador pulveriza agua hasta que las semilla

queden húmedas, en este momento se esparce el polvo de recubrimiento (Carbonato, cal, roca fosfórica, etc.), finamente molida, el polvo se va pegando a las semillas, al final del proceso las semillas tienen la apariencia de píldoras o pellets, de allí el nombre de esta técnica. Este método es más usada en alfalfa y tréboles, pues las bacterias (*Rhizobios*), sobreviven bien en los pellets (hasta 15 días en la sombra y lugar fresco), (García Blásquez, C et al. 1986). Sin embargo una vez inoculada la semilla, la bacteria presenta una alta tasa de mortalidad por lo que debe ser sembrado lo más rápido posible.



Figura 17. Inoculación en pellet de semillas alfalfa, localidad de Llachoccmayo-Ayacucho.

Tabla 4. Cantidad de Inoculante, semilla, calcáreo, goma arábica y agua inoculación en pellet.

Tamaño Semillas	Inoculante 120 Gr	Goma Arábica 40%	Agua Mililitros	Cantidad de Semillas Kg	Calcáreo (Kg)
Grandes(Frejol)	2bolsita	450	1.100	35	18
Medianos(Alfalfa)	2 bolsita	400	1.000	20	12.0
Pequeños(T.blanco, T. rojo)	2 bolsita	350	850	15	10.5



Figura 18. Semillas de trébol inoculadas en forma de “pellet”.

*Caso de realizar la inoculación en forma de pellet con inoculante líquido, tener en cuenta la cantidad del diluyente, reducir la cantidad de solución.

e. Técnica de inoculación es sobre parcela establecida, el inoculante puede ser colocado directamente en el suelo, “inoculante granular” hecho a base de turba. Se utiliza cuando las semillas están tratadas con productos químicos (fungicidas, herbicidas, etc.), los inoculantes son aplicadas debajo de la semilla en el surco de siembra, el inoculante también puede ser colocado en el suelo en forma líquida, en campos de leguminosas ya establecidas, el inoculante se disuelve en agua si es a base de turba, o se diluye en agua de riego y se aplica en la base de los tallos de la leguminosa, se utiliza 6 a 10 dosis de inoculante por hectárea, y se debe emplear volúmenes de agua de 350 a 500 litros /ha., esta inoculación es usada cuando hay fallas en la inoculación; aplicar en caso de plantas de leguminosa hasta el estado vegetativo V5, siempre y cuando se efectúe en óptimas condiciones edáficas y baja insolación.

f. Inoculación con inoculante líquido por pulverización foliar con *Azospirillum*, Es una técnica de inoculación que últimamente están siendo usados en los trabajos investigación de algunas instituciones y Universidades de Brasil, con resultados “promisorios”, sin embargo todavía no ha sido recomendado por los órganos oficiales como EMBRAPA, RELARE y el MAPA, como una práctica recomendada para ser utilizada.

14. Recomendaciones para la Inoculación de las Leguminosas con *Rhizobium* y *Azospirillum*

Algunas recomendaciones que debemos considerar necesarias para que la inoculación sea eficiente, tenemos siempre que recordar que el inoculante es un producto biológico y que estamos trabajando con microorganismos vivos, por lo que la primera recomendación es:

- a. Realizar la inoculación en lugar fresco y en la sombra, porque los rayos solares y el calor son letales para las bacterias del inoculante; realizar la inoculación y siembra muy temprano o al final de la tarde.
- b. Almacenar y conservar los inoculantes en lugar fresco y a la sombra. (Seguir todas las recomendaciones indicadas por el fabricante).
- c. Usar la dosis recomendada, una sobredosis no es desventajosa, pero una dosis baja aporta una cantidad menor de bacterias a las necesarias para promover una buena nodulación y FBN.
- d. La fecha de vencimiento de los inoculantes está registrada en los envases de los inoculantes.
- e. También se recomienda que se calcule bien la cantidad de inoculante para la siembra del día, la que debe ser sembrada en la brevedad posible luego de la inoculación.
- f. Cuando se abre una bolsa (envase) de inoculante lo recomendable es que debe ser utilizado inmediatamente y en caso de suspender la siembra por más de 24 horas, se recomienda hacer la re-inoculación de las semillas.
- g. No debemos mezclar el inoculante con sustancias tóxicas

como herbicidas, fungicidas, fertilizantes (micronutrientes), que pueden matar el *Rhizobium* o *Azospirillum*. Sin embargo en caso de utilizar fungicidas, insecticidas y/o micronutrientes, la inoculación debe ser el último antes de la siembra y en mayor concentración.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de la Oficina General de Investigaciones e Innovación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga-Ayacucho-Perú, que hizo posible su publicación, a través de su personal liderado por Zacarías Ismael Pérez Calderón, señores Pedro Arce De La Cruz, Nory Parodi Sulca y Delia María Falconi Valdivia, a quienes agradezco sinceramente por el apoyo brindado. También mis sinceros agradecimientos a la Ing. Susan Milagros Alarcón Romani por su apoyo en la redacción y corrección del trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bashan, Y.; Holguin, G. *Azospirillum*- plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996), Canadian Journal of Microbiology, v.43, p.103-121, 1997.
- Bashan, Y.; Holguin, G; De-Bashan, L.E. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural and environmental advances (19970-1996), Canadian Journal of Microbiology, v.43, p.103-121, (1997-2003). Canadian Journal of Microbiology, v.50, p.521-577, 2004.
- Caballero-Mellado, J.; Von Scheveren E, Cardoso. G.; Gonzales Cu, Aguirre JT. *Azospirillum* inoculation and agronomic application in México. Fourth European Conference, la Nitrogen Fixation, Sevilla, Spain.2000.p.45
- Cassán, F.D.; García De Salamone, I. (Ed.) *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. 268p.
- Chen, .E. & Thorton, H.G. 1940. The structure of ineffective nodules and its influence on nitrogen fixation. Proc .Roy. Soc. 129-208.Microbiologi.
- Díaz-Zorita, M.; Fernández Canigia, M.V. Análisis de la producción de cereales inoculados con *Azospirillum brasilense* en la República de Argentina. In: Cassan, F.D.; García De Salamone, I. (Ed.) *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008.p.155-166.
- Dobereiner J. Baldani Vld, Baldani J.I. 1995, Cómo isolar e identificar bacterias diazotroficas de plantas nao leguminosas. Itaguaí: EMBRAPA-CNPAP, 60 pg.
- Dobereiner J. Day, J.M. Associative symbiosis in tropical grasses: Characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. In: NEWTON W.E.; NYMAN, C.T. (Ed) INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
- Nitrogen Fixation, vol. 2. Proceedings... Pullman, USA: Washington State University Press, 1976. P.518-538.
- Dobereiner, J.; Marriel, I.; Nery, M. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. Canadian Journal of Microbiology, v.22, p.1464-1473, 1976.
- Dobereiner J.; Pedrosa FO. 1987. Nitrogen fixing bacteria in non leguminous crop plants. Madison: Springer-verlag.155p.
- FAO, 1995. Manual Técnico de Fijación de Nitrógeno. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.
- Freire JRJ. 1997, Inoculation of soybeans in: Vincent JM.; Whitney, A.S.; Bose J. Exploring the legumes-rhizobium Symbiosis in tropical Agriculture NIFTAL, p 335.379.
- García-Blásquez MC.; .1978. Efecto de la inoculación de cepas de *Rhizobium trifolii* en trébol blanco (*Trifolium repens* L. Var. Ladino) en condiciones de invernadero y campo. Tesis de graduación .Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga-Ayacucho.
- García-Blásquez MC.; 1989.Fixacao de Nitrogenio pela soja em condicoes limitantes de temperatura e umidade do solo. Tesis de Maestría. Universidade Federal do Rio Grande do Sul-Porto Alegre-Brasil.
- García-Blásquez MC.; 1994. Adicao de Monmorillonita e Polivinilpirrolpirrilidone em substrato turfoso para la producao de inoculantes para leguminosas .Dissertacao de doutorado. Universidade Federal de Rio Grande do Sul-Porto Alegre.Brasil.
- García De Salomone, IE. 2010. Microorganismos promotores del crecimiento vegetal. Universidad de Buenos Aires. Catedra Agrícola Facultad de Agronomía. Argentina
- García, F. Caracterización de cepas nativas de *Azospirillum* spp. Y su efecto en el desarrollo de *Oriza sativa* L. arroz en Lambayeque (En línea): Scientia Agropecuaria.Vol.1-No.2 (2010)(consulta: 11 de abr. De 2014). [http:// revista.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/articula/view/19](http://revista.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/articula/view/19) (Consulta: 11 de abr. de 2014).
- Giller, Ke, Cadish G., 1995. Future Benefits from Biological Nitrogen fixation. Am Ecological Approach to Agriculture Plant and Soil? V.174, n.01.p255-270.
- Hungria, Ma. Vargas, At. Suchett, Ar. Peres JRR. 1994. Fixation Biological do Nitrogen en soja. In: Araujo, RS. Hungria, MA. Eds. Microorganismos de importancia Agrícola, EMBRAPA, Brasilia, p.9-90.
- Hungria, MA., Inoculacao con *Azospirillum* brasilense en rendimiento a baixo costo. Boletín informativo da EMBRAPA Soja. Ministerio de Agricultura, Pecuaria y & Abastecimiento. (Boletín on line). 2011. Documento 325. Disponible en: <http://www.cnpsa.embrapa.br/Down>

load/doc325.pdf.

Hungria, MA.; Campos RJ. Souza.E.M., Pedrosa FO, 2010. Inoculation with select strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brasil. Plant and Soil. V.331.n.1-2, p.413-425.

Lhonis, F.; Hansen R. 1992. Nodule bacteria of leguminous Plants Journal Agriculture Research. Washington. V.20. p.543-558.

Manual De Somesagaran :
[HTTP://www.ctahr.hawaii.edu/bnf/inoc.production resources.asp](http://www.ctahr.hawaii.edu/bnf/inoc.production.resources.asp)

Moreira, FMS. Et al .2010. Bacterias diazotroficas asociativas. Diversidad, Ecología e Potencial de aplicaciones. Universidade Federal de Lavras. Brasil. Comunicat Scientiae1 (2).74-99.

Olivares, E.; Bedner, E.J. and Sanjuan J. 2013. Biological Nitrogen Fixation in the Context of Global Change. MPMI Vol.26, No.3, pg.486-494. Granada. España.

Okon, Y.; Labandera-Gonzalez, C.A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation Soil Biology & Biochemistry, v.26, p.1591-1601, 1994.

Somesagaram P.; Hoben H. 1985. Methods in Legume-Rhizobium Technology NIFTAL. Project and MIRCEN. University of Hawaii. USA.

Vincent JM.; 1958. Survival of the Nodule Bacteria in: Halla Worth EG. (ed). Nutrition of the legumes. London. Butterworths. P.108-123.

Thompson JA., 1980. Production and Quality Control of Legume inoculant. In: BERGENSEN, FS. Ed. Methods for evaluating biological nitrogen fixation Chichester, VR. Wiley.p.489-533.

Sharma. A; A.Pathak, M, Sahgal, J.M. Meyer, V .W B.N. JOHRI, 2007. Molecular characterization of plant growth promoting *rhizobios* that enhances peroxidase and phenylalanine ammonia lyase activities in Chile (*Capsicum annum* L.) and tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Arch. Microbiol. 188:483-494.

INSTRUCCIONES PARA LA PRESENTACIÓN DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO

TÍTULO. Debe ser breve, claro, preciso con un número promedio de 15 palabras. Escrito en mayúsculas, variando al tipo cursiva cuando se trate de nombres científicos.

AUTORES. Apellidos y nombres, señalar el programa y área o línea de Investigación en el caso de coautores que trabajen en otras instituciones, señalar lo pertinente. Al final indicar el correo electrónico del responsable.

RESUMEN. En él se expondrán en forma precisa la esencia del trabajo teniendo en cuenta: objetivos, material y métodos, resultados y conclusiones. No debe exceder más de 200 a 250 palabras. Al final se consignarán las palabras claves en un número no mayor de 05.

ABSTRACT. Referido al título, resumen y palabras clave, traducidos al idioma inglés.

INTRODUCCIÓN. Que incluye la exposición de motivos del trabajo y breve referencia de la literatura pertinente, citas correctamente con el estilo Vancouver. Al finalizar se debe señalar los objetivos del trabajo

MATERIAL Y MÉTODOS. De la manera más clara describir lo estudiado precisando su ubicación espacial y temporal. Así como consignar la metodología utilizada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Los resultados serán presentados literalmente o usando tablas y/o figuras. La discusión comprenderá la interpretación de los resultados, su concordancia o discordancia con los trabajos realizados por otros autores sobre el mismo tema. Al final de la misma, señalar las conclusiones del trabajo.

AGRADECIMIENTOS. Se agradecerá la colaboración, ayuda técnica, apoyo financiero o material, especificando la índole del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. Utilizar el Vancouver y APA, es decir, autor y año en el texto ordenado alfabéticamente en referencias bibliográficas.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
(Segunda Universidad fundada en el Perú)