C&T Review Journal

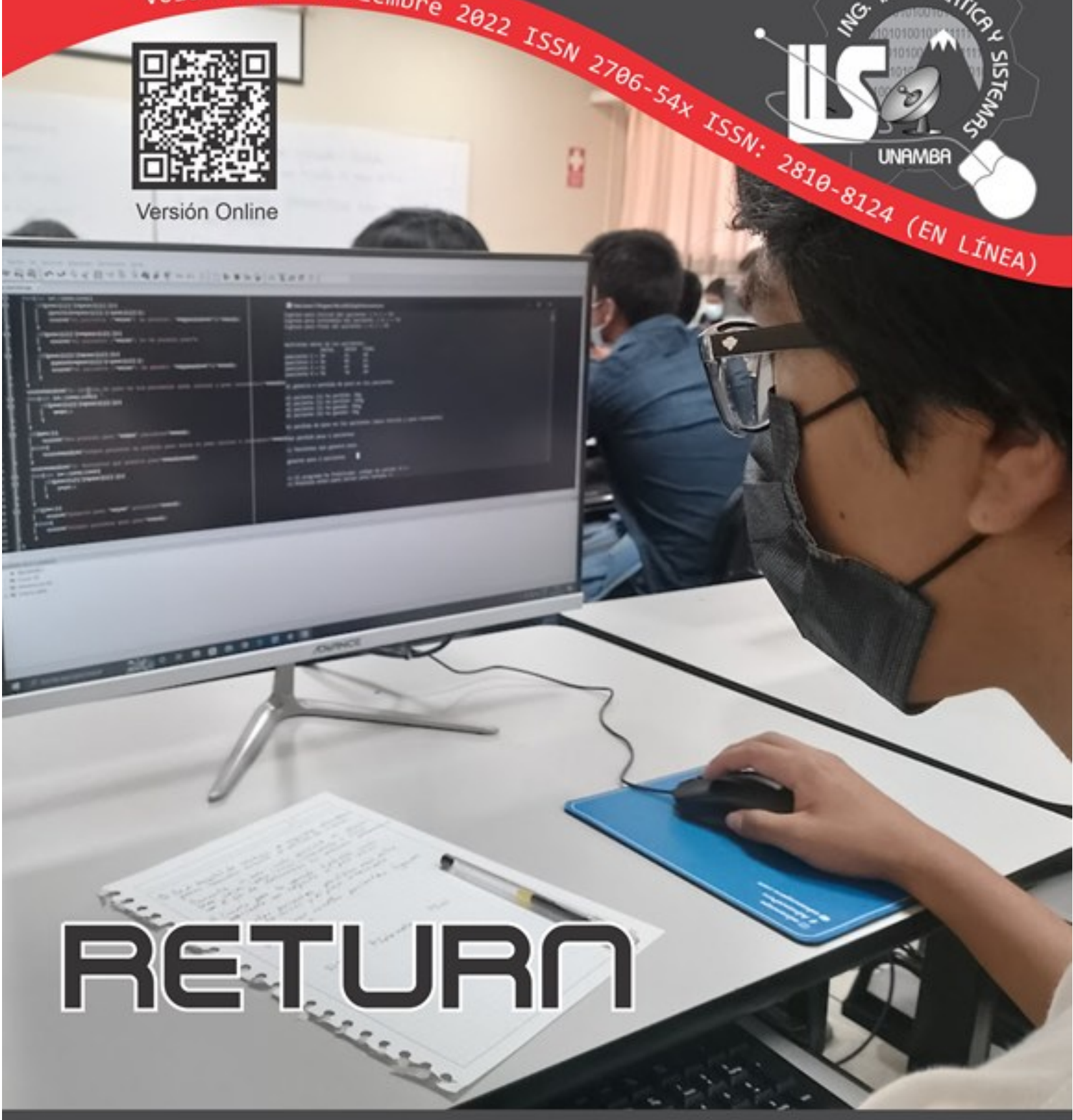
Riqchary

Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología

Volumen 04- Noviembre 2022 ISSN 2706-54x ISSN: 2810-8124 (EN LÍNEA)

ING. INFORMÁTICA Y SISTEMAS
IIS
UNAMBA

Versión Online



RETURN

UNIVERSIDAD NACIONAL
MICAELA BASTIDAS
DE APURÍMAC

ISSN: 2810-8124 (EN LÍNEA)



Comité Editorial

- **Editor General:** Dr. Ecler Mamani Vilca
  Universidad Micaela Bastidas Nacional de Apurímac, Perú

Equipo Técnico:

- Dr. José Luis Merma Aroni
  Universidad Micaela Bastidas Nacional de Apurímac, Perú
- M.Sc. Mario Aquino Cruz
  Universidad Tecnológica de los Andes Perú
- Dr. Manuel J. Ibarra Cabrera
  Micaela Bastidas Universidad Nacional de Apurímac, Perú
- Dr. Yalmar Ponce Atencio
  Micaela Nacional de Juliaca, Perú
- Dr. Leonel Coyla Idme
  Universidad Nacional del Altiplano, Perú
- Dr. José Luis Herrera Salazar
  Universidad Norbert Wiener, Perú
- Mag. Olga Jaramillo
  Santa Fe Community College, Estados Unidos
- Dr. Edwar Ilasaca Cahuata
  Universidad Nacional del Altiplano, Perú
- Mag. Yonatan Mamani Coaquira
  Universidad Micaela Bastidas Nacional de Apurímac, Perú

Equipo Editorial:

- Mag. Marleny Peralta Ascue
  Universidad Privada de Tacna, Perú
- Mag. Rafael Quispe Merma
  Universidad Nacional San Antonio de Cusco, Perú
- Ing. Ebert Gómez Aiquipa
  Universidad Nacional San Antonio de Cusco, Perú
- MBA. Evelyn Naida Luque Ochoa
  Micaela Bastidas Universidad Nacional de Apurímac, Perú
- Mag. Kevin Arnold Arías Figueroa
  Micaela Bastidas Universidad Nacional de Apurímac, Perú
- Mag. Alejandrina Huaylla Quispe
  Universidad Tecnológica de los Andes Perú
- Mag. Betsabe M. Ccolqque Ruiz
  Micaela Bastidas Universidad Nacional de Apurímac, Perú
- Mag. Miguel Alfaro
  Micaela Bastidas Universidad Nacional de Apurímac, Perú

Periodicidad: Semestral
Vol. 4 Núm. 1 año (2022)
Áreas temáticas: Ciencias exactas, ingenierías y de materiales
Editorial: UNAMBA – Perú
Vice Rectorado de Investigación

https://doi.org/10.57166/riqchary/v4.n1.2022
ISSN: 2706-543X- **ISSN:** 2810-8124 (e)

Editorial

Con gran satisfacción presentamos esta edición, en un contexto marcado por la esperanza y el retorno progresivo a la normalidad después de los meses de confinamiento ocasionados por la COVID-19. Las restricciones se han ido levantando gradualmente, permitiendo que la sociedad retome poco a poco sus actividades y rutinas diarias.

En este escenario, el regreso a la vida cotidiana representa no solo un alivio colectivo, sino también una oportunidad para reflexionar sobre las dificultades superadas y la fortaleza de nuestra sociedad. Este proceso nos llena de esperanza y nos recuerda que, aun en los momentos más difíciles, siempre existe un camino de retorno y reconstrucción.

Director: Dr. Ecler Mamani Vilca





C & T Riqchary

Revista de investigación - UNAMBA

Autores

- Raul Huillca Huallparimachi
- Ecler Mamani Vilca
- Karla C. Rojas Pedraza
- Johel Cárdenas Solano
- Niki F. Flores Pacheco
- Sandra de la Vega Peña
- Aydeé Kari Ferro
- Celinda Alvarez Arias
- Germán R. Espinoza Riva
- José A. Cárdenas Catalán
- Nora G. Echegaray Peña
- Juan S. Barreto Carbajal
- Doris Bustinza Saldivar
- Rosa Huaraca Aparco

- © Dr. Ecler Mamani Vilca / Director del Comité Editorial

Av. Garcilaso C.U Tamburco, Abancay Telef, +51983747138
Apurímac – Perú eclervirtual@unamba.edu.pe
Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2020-10220 ISSN: 2709-8990
ISSN: 2955-8646 (e)- ISSN: 2709-8990
Tiraje: 500 ejemplares

Volumen 4 Número 1 – 2022
Se terminó de imprimir en El Misti EIRL
RUC 20450599108 - Cel: 950-509953, imprentamisti@hotmail.com

INDICE

01 *Pág.* → Esquema de cifrado indistinguible bajo el ataque de texto sin formato elegido (IND-CPA).

07 *Pág.* → Rendimiento de seis cultivares de quinua (Chenopodium quinoa Will) Vilcabamba – Apurímac.

12 *Pág.* → Presencia de metales pesados en suelos agrícolas de la subcuenca Llallimayo, departamento de Puno.

20 *Pág.* → Contaminantes Agrícolas en la Producción de Maíz Zea mays L. variedad choclera en Curahuasi Apurímac, Perú.

26 *Pág.* → Métodos probabilísticos en discontinuidades para la estabilidad de los túneles y semitúneles viales de Karkatera-Abancay.

33 *Pág.* → Efecto de biofertilizantes en la fase vegetativa del cultivo de cebolla (Allium cepa L.)

39 *Pág.* → Fertilización con humus de lombriz (Eisenia foetida) en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa (Solanum tuberosum L)

C&T Riqchary
Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología
ISSN: 2810-8124 (en línea) / ISSN: 2706-543x

Vol. 4 Núm. 1 (2022)
Publicado:05/11/22
DOI: https://doi.org/10.57166/riqchary/v4.n1.2022.81

Esquema de cifrado indistinguible bajo el ataque de texto sin formato elegido (IND-CPA)

Indistinguishable encryption scheme under chosen plaintext attack (IND-CPA)

Raul Huillca_Huallparimachi[A], Ecler Mamani_Vilca[B], Karla C. Rojas_ Pedraza [C] y Johel Cárdenas_Solano[D]

https://orcid.org/ 0000-0002-5205-3660[B] , https://orcid.org/0000-0002-7324-7616[C]
https://orcid.org/0000-0002-8607-3854 [D]

(Recepción: 15/06/2022 y aceptación 10/11/2022)

Resumen— El cifrado homomórfico es un tipo de cifrado con capacidad de procesamiento y evaluación sobre datos cifrados. En el presente trabajo se examina la vulnerabilidad con respecto al tipo de ataque indistinguible bajo ataque de texto sin formato elegido (IND-CPA), existente con respecto a la seguridad en el cifrado homomórfico. El cifrado homomórfico realiza diferentes tipos de cálculos sobre datos cifrados, algunos de ellos son los parcialmente homomorficos, bastante homomorficos y cifrado completamente homomórfico. Los cifrados parcialmente homomorficos procesan un solo tipo de operación, suma o multiplicación; los bastante homomorficos que pueden procesar las dos operaciones, pero para un conjunto limitado y los totalmente homomorficos que permiten procesar y evaluar una cantidad arbitraria de veces. Un ataque con texto claro elegido se hace presente en este tipo de cifrado donde el adversario conoce el sistema, es decir, que el sistema tiene que ser seguro frente a un adversario que conoce todo sobre él con excepción de la clave privada. Los niveles de seguridad presentes en la mayoría de los cifrados completamente homomorficos son suficientes para aplicaciones específicas, la carencia de la propiedad de Indistinguibilidad de un criptosistema hace, aun, poco viable la aplicación en producción de estos tipos de cifrado.

Palabra clave: cifrado homomórfico, RSA, criptografía.

Abstract— Homomorphic encryption is a type of encryption with processing and evaluation capabilities on encrypted data. This paper examines the vulnerability with respect to the indistinguishable attack type under chosen plaintext attack (IND-CPA), existing with respect to security in homomorphic encryption. Homomorphic encryption performs different types of computations on encrypted data, some of them are partially homomorphic, fairly homomorphic, and fully homomorphic encryption. Partially homomorphic ciphers process only one type of operation, addition or multiplication; the fairly homomorphic ones that can process both operations, but for a limited set, and the fully homomorphic ones that allow processing and evaluation an arbitrary number of times. A chosen cleartext attack occurs in this type of encryption where the adversary knows the system, that is, the system has to be secure against an adversary who knows everything about it except the private key. The security levels present in the majority of completely homomorphic ciphers are sufficient for specific applications; the lack of the Indistinguishability property of a cryptosystem makes the production application of these types of encryption still impractical.

Keyword: Homomorphic encryption, RSA, cryptography

A. *Raul Huillca_Huallparimachi, Departamento Académico de Ingeniería Informática de la UNSAAC, raul.huillca@unsaac.edu.pe.*
B. *Ecler Mamani_Vilca, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac, eclervirtual@unamba.edu.pe*
C. *Karla C. Rojas_Pedraza, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, karla.rojas@unsaac.edu.pe*
D. *Johel Cárdenas_Solano, Universidad Nacional José María Arguedas, jcardenas@unajma.edu.pe*

1 INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las empresas, organizaciones o instituciones (por no mencionar todos), en donde se utilicen equipos informáticos como herramienta de apoyo para el trabajo, las bases de datos tienen un papel muy importante y casi crítico, esto porque nos permite almacenar volúmenes mayúsculos de información acerca de las mismas. Por otra parte, la organización de esta información nos debe de permitir planear, gestionar, controlar y tomar decisiones.

Tradicionalmente, los datos se organizaban en archivos, los mismos que presentaban algunos problemas como la redundancia, el cual da lugar a inconsistencias cuando un dato no se actualiza en todos los lugares donde aparece; rigidez de búsqueda por ficheros; dependencia de los programas y por último los problemas de confidencialidad y de seguridad el cual nos permite evitar la consulta de ciertos datos de determinados usuarios. De las observaciones anteriores, se abordó una solución a estos problemas, y estas vienen a ser las bases de datos, los mismos que entre otras características nos permiten evitar la redundancia, flexibilidad de búsqueda, independencia de programas y la seguridad y confidencialidad integral.

Dentro del conjunto de actividades, de carácter crítico y cotidiano, correspondiente al rubro de la administración de la información en una institución, se tiene el de procesamiento de información y su posterior resguardo en una base de datos.

2 ESTADO DEL ARTE

Para la revisión de la literatura se utilizaron los siguientes criterios de inclusión: Año de publicación: 5 años atrás; Idiomas: inglés y español; Base de datos: Scopus y Google Académico; Área: Computación; Tipo de documento: Artículos, Tesis; Cantidad de artículos: 32, Cantidad de Tesis: 7; Palabras claves: cifrado homomórfico, RSA, criptografía homomórfica, privacidad, confidencialidad; Prioridad de revisión: título, resumen, conclusiones.

Dentro de las tendencias actuales, la era digital y la computación en nube, la seguridad de nuestros datos es una cuestión sin absolución de confiabilidad alta aun, es así entonces que aceptamos un riesgo para poder beneficiarnos de estas tecnologías de presentes. Una solución para garantizar esta confidencialidad son los cifrados homomorficos quienes aparte de ayudarnos con la seguridad nos permiten procesar los mismos sin necesidad de descifrarlos.

En este sentido, "La criptografía homomórfica contribuye a aumentar el uso de las tecnologías de nube dado que la información podría ser almacenada y manipulada mientras permanece cifrada" [1, p. 6]. Así mismo, "La criptografía simétrica define que el proceso de cifrado y descifrado hace uso de una única clave" [2, p. 10] . Por otra parte, "Este tipo de criptografía usa dos claves una de uso público y otra de uso privado que es la que permite descifrar el texto" [2, p. 11]. Para concluir, este tipo de cifrado "Permite realizar operaciones sobre el texto cifrado, sin necesidad de descifrar el contenido" [3, p. 59]. En efecto, "El cifrado homomórfico evita que los datos nunca estén desencriptados a la vez que permite su manipulación por las personas autorizadas" [4, p. 25].

2.1 CIFRADO PARCIALMENTE HOMOMÓRFICO

Las operaciones admitidas dentro de este tipo de cifrado con las de adición o las de multiplicación. Así mismo, "dentro de estos esquemas de cifrado parcialmente homomórfico (PHE) citamos como ejemplos (Rivest et al. 1978b; Goldwasser and Micali 1982; ElGamal 1985; Benaloh 1994; Naccache and Stern 1998; Okamoto and Uchiyama 1998; Paillier 1999; Damgård and Jurik 2001; Kawachi et al. 2007)" [5, p. 6]. Para resumir, estos esquemas descritos sirven como base para los otros esquemas de cifrado.

El cifrado RSA (Rivest, Shamir y Adleman) "es el primer ejemplo de PHE y fue introducido por Rivest et al. (1978b)" [5, p. 6]. Así mismo, "es el primer cifrado de tipo clave pública que era reconocido por tener propiedades homomórficas" [6, p. 10]. Este tipo de cifrado permite operaciones homomórficas una limitada cantidad de veces y solo con algunas operaciones; la operación homomórfica que permite es la multiplicación. Para comprender el funcionamiento de las operaciones se expone los pasos para cifrar en RSA:

Generación de claves: Primero, es necesario seleccionar números primos grandes, p y q. Después calculamos otro número, n = pq. También, usando la phi de Euler, calculamos la cantidad de números coprimos con p y q, y los multiplicamos. $\boldsymbol{\alpha = (p-1)(q-1)}$. Finalmente, buscamos un número, e, que tenga $\boldsymbol{mcd(e,\alpha)}$ y d usando el inverso multiplicativo de $\boldsymbol{ed \equiv 1\ mod\ \alpha}$. Con esto, tenemos los dos pares que necesitamos: $\boldsymbol{(e,n)}$ seria la clave publica y $\boldsymbol{(d,n)}$ la clave privada [5, p. 6].

Cifrando un mensaje: en RSA, cuando estamos cifrando mensajes, realmente lo que estamos haciendo es elevar el número del mensaje al número que habíamos declarado como e, y tomando el resultado módulo n. Es decir: $\boldsymbol{c = E(m) = m^e (mod\ n), \forall\ m\ \in M}$. RSA nos sirve como cifrado porque el proceso indicado anteriormente para cifrar los mensajes es relativamente fácil de computar. Por otro lado, el proceso de intentar descifrar el mensaje sin saber el inverso multiplicativo que habíamos declarado en e sería más complicado. Rivest, Shamir y Adleman marcan eso como requerimiento de un sistema

de criptografía público, un problema que sea fácil solucionar con todos los números del problema, pero muy difícil solucionar con solo un subconjunto de los números, por ejemplo, los datos de la clave pública [7].

Descifrar: los mensajes cifrados con RSA, entonces, pueden ser recuperados elevando el mensaje cifrado al inverso multiplicativo, modulo n. Recordemos que habíamos identificado previamente el multiplicativo inverso, y lo teníamos guardado como d, $\boldsymbol{m = D = C^d (mod\ n)}$.

Con referencia a lo anterior, el cifrado propuesto por Shafi Goldwasser y Silvio Micali en el año 1982 es un "es un cifrado probabilístico, esto quiere decir que el cifrado incluye un elemento de aleatoriedad, implicando que el mismo mensaje, cifrado dos veces, no tendrá el mismo texto cifrado" [6, p. 12]. Este cifrado permite operaciones homomórficas de adición.

Este algoritmo fue propuesto en el año 1985 "fue el primer cifrado de tipo clave pública que ofrecía seguridad basado en los problemas de los logaritmos discretos" [6, p. 14]. Dentro del mismo precisa que "Las curvas elípticas presentan posibilidades muy interesantes para el futuro de criptografía porque se cree que son problemas computacionalmente imposibles de romper" [6, p. 14]. Este tipo de cifrado está compuesto por las llaves públicas $< \boldsymbol{h, G, q, g} >$ donde G es un grupo cíclico de orden q con el generador g, mientras que la llave privada corresponde al valor $< \boldsymbol{x} >$ en donde x es un valor aleatorio elegido entre 1 y q. Además de que se debe cumplir que $\boldsymbol{h = g^x}$. Para realizar la encriptación de un mensaje m, con las llaves públicas $< \boldsymbol{h, G, q, g} >$, se genera un valor r que es un número aleatorio entre 1 y q. $\boldsymbol{E(m) = (c_1, c_2)}$; $\boldsymbol{c_1 = m * h^r}$; $\boldsymbol{c_2 = m * g^x}$ Mientras que para realizar la desencriptación del mensaje m es: $\boldsymbol{m = c_1 (c_2^x)^{-1}}$, considerando que $\boldsymbol{h = g^x}$, esto implica que $\boldsymbol{h^r = g^{xr}}$. Entonces tenemos que: $\boldsymbol{c_1 (c_2^x)^{-1} = m * g^{rx} * g^{-rx} = m}$ [8, p. 28]. Este cifrado posee una propiedad homomórfica, respecto a las operaciones multiplicativas.

Igualmente "El cifrado Benaloh permite cifrar los mensajes en bloques, en vez de cada bit individualmente" [6, p. 15], el cual "está basado en el problema de residuosidad superior (higher residuosity problem), que está relacionado al problema de la residuosidad cuadrática que se usa en los cifrados" [9]. Este cifrado posee una propiedad homomórfica en donde cualquier operación multiplicativa en el texto cifrado corresponde a una operación aditiva en el texto descifrado.

Después de las consideraciones anteriores citamos el "cifrado de Paillier que está basado en el problema de decisión de la residuosidad compuesta" [6, p. 19]. Este problema tiene que ver con "la búsqueda de un entero, x, que satisfaga la ecuación $\boldsymbol{x^n \equiv a (mod\ n^2)}$" (Acar, 2018, p. 6). Paillier es uno de los varios cifrados contra operaciones de adición. Para lograr la adición contra los mensajes descifrados, tenemos que multiplicar los mensajes cifrados. Donde : $\boldsymbol{E(m_1) * E(m_2) = \big((1+n)^{m1} r_1^n (mod\ n^2)\big) * \big((1+n)^{m2} r_2^n (mod\ n^2)\big) = E(m_1 + m_2)}$ **(Pardo, 2012)**

2.2 Cifrado bastante Homomórfico

Este tipo de cifrado "permite realizar algunas operaciones homomórficas (no todas) y una cantidad limitada de veces" [6, p. 8]. Dentro de estos tipos de cifrado podemos citar "(Yao 1982; Sander et al. 1999; Boneh et al. 2005; Ishai and Paskin 2007) en la literatura antes de 2009" [5, p. 9].

A este conjunto de cifrados también se les denomino cifrado Polly Cracker el cual puso énfasis en el uso de las Bases de Gröbner, que tuvo su comienzo en los años 90, cuando las vieron como una alternativa a la algebra multivariante. Los autores, como herramienta para este tipo de cifrado, muestran un procedimiento, que es similar a la reducción de matrices usando el método de Gauss. Así mismo, se "recomiendan que, si un investigador quería seguir investigando los cifrados que usen las ecuaciones multivariantes, que investiguen algoritmos más dispersos (sparse)" [10]. "La clave para estos tipos de cifrado es un par de ideales en un anillo polinomial multivariante" [11].

El cifrado Polly-Cracker empieza cuando Alice genera un punto en un vector, y, y un conjunto de polinomiales $\{\boldsymbol{q_i}\}$ que llegan a 0 en el punto y. Para mandar un bit, entonces, Bob tiene que generar una suma $\boldsymbol{p = \sum g_i q_i}$ y le manda a Alice el polinomial $\boldsymbol{p + m}$. Para descifrar, Alice evalúa el texto cifrado en secreto, $\boldsymbol{c\ mod\ q = m}$ para recibir el mensaje, m. Analizando lo descrito acá, vemos que el cifrado Polly Cracker tiene la distinción de tener una propiedad homomórfica tanto de adición como de multiplicación [6, p. 24]. En cuanto a los riesgos presenta vulnerabilidades los cuales son abordados agregando ruido al cifrado donde el mensaje original se mantiene escondido incluso frente a los ataques anteriormente mencionado.

2.3 Cifrado totalmente homomórfico

Un esquema que admite operaciones de suma y multiplicación en textos cifrados fue propuesto por Craig Gentry usando criptografía basada en celosía, a partir de estas operaciones es posible construir circuitos para realizar cálculos arbitrarios. El esquema propuesto por Gentry brinda no solo un esquema completamente homomórfico sino también un marco general para obtener un esquema FHE. En efecto, muchos investigadores han intentado diseñar un esquema FHE seguro y práctico después del trabajo de Gentry [5, p. 12]. El modelo que siguen estos criptosistemas parte de la construcción de un criptosistema algo homomórfico para posteriormente convertirlo en un criptosistema completamente homomórfico usando bootstrapping.

3 Discuciones

Las bases del cifrado homomórfico se sentaron a partir del año 1978, dentro de los mismos fue indispensable la

evolución que sufrió hasta el presente año. En primer lugar, la concepción del cifrado Parcialmente Homomórfico sirvió de base para el Bastante Homomórfico y esta para el cifrado Completamente Homomórfico. Visto esto, los conceptos matemáticos desde los más simples hasta los más complejos de entendimiento son la fortaleza para este tipo de cifrado.

Los trabajos posteriores a las diferentes etapas de la evolución del cifrado homomórfico llámese Parcialmente, Bastante y Completo tienen sus bases en estas o son aplicaciones de estos cifrados a ciertos tipos de resolución de problemas. Así mismo, el cifrado homomórfico si bien tiene un futuro prometedor, existen dificultades presentes como son los del "rendimiento computacional y los problemas de seguridad "(Schemes, 2015). Pero, por otra parte, si podemos evidenciar que varios cifrados completamente homomórficas están en producción en la actualidad.

Para el análisis del rendimiento computacional se evidencia que los cifrados parcialmente homomórficos son más rápidos que los cifrados completamente homomórficos. En cuanto a la seguridad podemos citar que "En 2019, investigadores marcaron que todos los cifrados homomórficos conocidos carecían de seguridad IND-CCA" [12, p. 5], donde el atacante tiene la habilidad de cifrar o descifrar mensajes arbitrarios con el cifrado elegido. Así mismo, "el tiempo de cómputo asociado es muy alto; Gentry menciona que, si Google usara un algoritmo completamente homomórfico en su buscador para proteger la privacidad de las búsquedas, el tiempo de procesamiento de todas las operaciones podría aumentarse en trillones" [4, p. 18]. En definiva, las propiedad de seguridad de los cifrados homomorficos son mas debiles que los esquemas no homomorficos.

"Varios articulo ponen énfasis en la seguridad de este tipo de cifrado y que para el mismo proponen esquemas de cifrados cuánticos" [13], así como esquemas con circuito de tamaño polinomial arbitrario. Por otra parte, en cuanto al performance muchos de los autores citados coinciden que para la viabilidad de este tipo de cifrado se tiene que superar el rendimiento computacional requerido por el mismo, es así, que algunos proponen el uso de programación paralela haciendo uso de unidades de procesamiento de gráficos(GPU).

Sobre el cifrado de la información:

Para dar inicio a este proceso se tiene ya definido el conjunto de los datos y las dos operaciones binarias y sus correspondientes propiedades, los cuales forman una estructura algebraica de cuerpo. Así mismo, se tiene ya definido la función homomórfica de anillos que se hará uso durante todo el proceso de cifrado, a continuación, se exponen el cuadro de las dos operaciones binarias de la estructura algebraica y el cuadro de la tabla de disyunción con su equivalente booleano.

Tabla 1. Tabla de verdad

P	Q	PVQ
0	0	1
0	1	1
0	0	1
0	1	1

Tabla 2. Tabla de equivalente booleano

P	Q	PVQ
F	F	F
F	V	V
V	F	V
V	V	V

Así mismo, un homomorfismo de anillos cumple las siguientes propiedades:

$$\emptyset(\boldsymbol{a}+\boldsymbol{b}) = \emptyset(\boldsymbol{a}) + \emptyset(\boldsymbol{b})$$
$$\emptyset(\boldsymbol{ab}) = \emptyset(\boldsymbol{a})\emptyset(\boldsymbol{b})$$

Entonces, retomando el ejemplo anterior donde se cita el conjunto $\boldsymbol{K} = \{\boldsymbol{0}, \boldsymbol{1}\}$ con cuyos elementos podemos definir un homomorfismo de anillos como $\boldsymbol{a} \rightarrow \boldsymbol{a}\ (\boldsymbol{mod}\ \boldsymbol{n})$ y dentro de ellos se definen dos operaciones binarias como son la suma y la multiplicación los cuales cumplen con las propiedades pertinentes a dichas operaciones. En este sentido, se toma como parámetros de entrada para las propiedades de un homomorfismo de anillos a todas las combinaciones posibles de los elementos del conjunto, este conjunto de combinaciones es equivalente al conjunto de combinaciones booleanas de los parámetros de entrada de una consulta de disyunción.

Operando para los valores a= 1, b= 1 y n= 2 de la tabla de verdad:

$\emptyset(1+1) = (1+1)(mod\ 2)$
$\emptyset(1+1) = (1\ mod\ 2) + (1\ mod\ 2)$
$\emptyset(1+1) = \emptyset(1) + \emptyset(1)$
$\emptyset(1+1) = 1+1$
$\emptyset(1+1) = 0$

Y

$\emptyset(1*1) = (1*1)(mod\ 2)$
$\emptyset(1*1) = (1\ mod\ 2) * (1\ mod\ 2)$
$\emptyset(1*1) = \emptyset(1) * \emptyset(1)$
$\emptyset(1*1) = 1*1$
$\emptyset(1*1) = 1$

Tabla 3. Tabla de transformación homomórfica

+	0	1
0	0	1
1	1	0

Tabla 4. Tabla de transformación homomórfica

*	0	1
0	0	0
1	0	1

La estructura de homomorfismos de anillos aplicada y cuyo resultado es el cuadro mostrado, nos da a entender que estas dos tablas son equivalente o iguales. Quiere decir que el resultado de la operación que realizamos en la parte derecha de la tabla es igual al resultado de la operación que realizamos en la parte izquierda de la tabla, es así entonces que se logra el objetivo planteado en el presente trabajo de investigación.

TABLA 4
Tabla resultada (equivalente homomórfico)

A	B	A V B
F	F	F
F	V	V
V	F	V
V	V	V

A(+)	B(*)	A V B
0	0	**0**
1	0	**1**
1	0	**1**
0	1	**1**

Tabla 5. Tabla resultada (equivalente homomórfico)

A	B	AVB
F	F	F
F	V	V
V	F	V
V	V	V

Tabla 6. Tabla resultada (equivalente homomórfico)

A(+)	B(*)	AVB
0	0	0
1	0	1
1	0	1
0	1	1

5 TRABAJOS FUTUROS

La literatura presente a la actualidad propone que en trabajos futuros al respecto del cifrado homomórfico un aspecto muy importante es el que corresponde a la seguridad. Es cierto que los niveles de seguridad presentes en la mayoría de los cifrados completamente homomorficos son suficientes para aplicaciones específicas, la carencia de la propiedad de Indistinguibilidad de un criptosistema hace, aun, poco viable la aplicación en producción de estos tipos de cifrado.

Él porque es, aun, inadecuado el cifrado homomórfico para aplicaciones de propósito generar se responde al hecho de que un criptosistema se considera seguro si un adversario modelado por una máquina de Turing de tiempo polinómico probabilístico tiene una sola ventaja insignificante sobre las conjeturas aleatorias. Se dice que un adversario tiene una ventaja insignificante si es ganador del juego con probabilidad $(\mathbf{1/2}) + \boldsymbol{e(k)}$, donde $\boldsymbol{e(k)}$ es una función insignificante en el parámetro de seguridad k, que es para cada función polinómica distinta de cero $\boldsymbol{poly}()$ existe $\boldsymbol{k_0}$ tal que $|\boldsymbol{e(k)}| < |\mathbf{1/poly(k)}|$ para todos $\boldsymbol{k > k_0}$.

En esta revisión bibliografía se abordó los conceptos básicos de los diferentes esquemas FHE, los mismos que desde sus inicios fueron un avance significativo como una herramienta para ayudar a la seguridad de la información. Esperamos que esta revisión ayude a la comprensión y entendimiento de nociones relacionadas al Cifrado Homomorfico.

4 CONCLUSIONES

Las prestaciones confidenciales de un gestor de base de datos actual nos permiten garantizar la confidencialidad, integridad, disponibilidad y autenticación de la información contenida en los mismos, así mismo, para respaldar esta seguridad también podemos hacer uso de políticas para la gestión de claves como la tokenizacion, riguroso control de acceso, identificación de datos sensibles y críticos, cifrar parte de la información, y la anonimización (el cual también puede ser alcanzado haciendo uso del cifrado homomórfico de anillos). Sobre la base de estas consideraciones, al ser la disyunción información contenida en una tabla de la base de datos todas estas prestaciones también se aplican a ellas.

Con referencia a lo anterior, los diferentes algoritmos de cifrado existentes tienen características que se tienen que tener muy en consideración, con respecto al cifrado empleado en el presente trabajo de investigación como por ejemplo que un cifrado más seguro consume más recursos que uno no seguro, que las claves largar producen un cifrado más fuerte que las cortas, un cifrado asimétrico es más lento que uno simétrico, etc. Sobre la base de estas consideraciones, nos planteamos el cómo realizar una consulta cotidiana en estas bases de datos cifradas y si este fuera el caso tenemos que hacer una consulta simple como cualquier otra y es aquí donde el cifrado homomórfico entra a tallar, puesto que para alcanzar el objetivo (resultado de una consulta), no se requiere hacer un proceso previo de transformación o de descifrado.

6 RECOMENDACIONES

De la experiencia recogida en este trabajo, el cual trata sobre el cifrado de datos homomórficos, se pone de manifiesto la dificultad de este tipo investigación puesto que se requiere del estudio y comprensión de la matemática moderna, teoría de conjuntos, estructuras algebraicas entre otros, los cuales en conjunto nos ayudan a mejorar la seguridad de los datos. En este sentido, se recomienda las siguientes tendencias de cifrado de información para la década venidera, los cuales comprenden los años, 2020 -2030.

Como primera recomendación para mejorar la seguridad de la información podemos citar la criptografía cuántica, del cual citamos que hasta el momento actual se ha desarrollado un algoritmo cuántico de distribución de claves que garantiza únicamente la confidencialidad e integridad de estas; sin embargo, no se ha logrado el desarrollo de un algoritmo cuántico que garantice su autenticidad. En este sentido, si en el futuro algún trabajo de investigación llegase a encontrar algoritmos cuánticos de autenticación, entonces si podríamos decir que habría nacido la criptografía cuántica.

Como segunda recomendación para mejorar la seguridad de la información podemos citar el protocolo para el intercambio seguro de mensajes propuesto por Diffie-Hellman haciendo uso de estructuras algebraicas no conmutativas [12], de cual podemos citar que los trabajos de investigación abarcan a estructuras de anillos, pero podríamos utilizar otras estructuras no conmutativas como son los quasigrupos, grupos de trenzas, grupos nilpotentes.

Referencias

[1] G. A. Cubillos Franco, «Protección de datos compartidos en entornos de nube,» p. 76, 2020.

[2] B. D. Rugel Campoverde, «Seguridad en el sistema de gestiónde datos medidos de energía eléctrica aplicando cifrado homomórfico,» p. 27, 2019.

[3] K. V. Villacres Pacheco, «Estudio de factibilidad de la seguridad para el desarrollo de un prototipo Web de voto electrónico en la Universidad de Guayaquil,» Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, p. 215, 2021.

[4] L. A. Quemba Martínez, «Cifrado de la información y su incidencia actual en la seguridad de la información para pequeñas empresas pymes en Colombia,» p. 99, 2020.

[5] A. Acar, «A survey on homomorphic encryption schemes: Theory and implementation,» ACM Computing Surveys (CSUR), pp. 1-35, 2018. https://doi.org/10.1145/3214303

[6] L. Udstuen, «Facultades de Ciencias Económicas, Cs. Exactas y Naturales e Ingeniería,» p. 42, 2021.

[7] R. Rivest, «Shamir, a. and Adelman,» L." On Digital Signatures and Public Key, 1978.

[8] A. Bravo, «Selección e implementación de librería Java de algoritmo para E-Voting,» pp. 1-233, 2018.

[9] Y. ZHENG, «Residuosity problem and its applications to cryptography,» IEICE TRANSACTIONS (1976-1990), pp. 759-767, 1988.

[10] Barkee, «Why you cannot even hope to use Gröbner bases in cryptography: an eternal golden braid of failures,» Applicable Algebra in Engineering, Communication and Computing, pp. 235-252, 2020. https://doi.org/10.1007/s00200-020-00428-w

[1 1] Caboara, «Lattice polly cracker cryptosystems,» Journal of Symbolic Computation, pp. 534-459, 2011. https://doi.org/10.1016/j.jsc.2010.10.004

[12] Z. Peng, «Danger of using fully homomorphic encryption: A look at microsoft SEAL,» arXiv preprint arXiv:1906.07127, 2019.

[13] Y. Ouyang, «Quantum homomorphic encryption from quantum codes,» Physical Review A, 2018. https://doi.org/10.1103/PhysRevA.98.042334

[14] J. L. G. Pardo, «Cifrado homomórfico: ejemplos y aplicaciones,» Gaceta de la Real Sociedad Matematica Española, pp. 697-712, 2012.

BIOGRAFÍAS

Raul huillca huallparimachi, Maestro en Ciencias con Mención en Informática, Maestro en Administración. Docente del Departamento Académico de Ingeniería Informática de la UNSAAC. A la fecha, Estudiante del Doctorado en Ingeniería de Sistemas en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Ecler Mamani Vilca, Dr. en Ciencias de la Computación, desarrollador de aplicaciones multimedia y Software Educativo Intercultural, docente nombrado a Tiempo completo en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac regenta los cursos de Algorítmica, Computación Gráfica y Seminario de Tesis, docente de la Escuela de Post Grado UNAP, trabajó en diferentes universidades privadas e institutos superiores técnicos del Perú.

Karla Catherine Rojas Pedraza, Ingeniera de Sistemas, Egresada de la maestría en Ciencias con Mención en Informática de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Auditor Senior de Tecnología de la Información en la Gerencia de Auditoría Interna de la Entidad Financiera Caja Municipal Cusco.

Johel Cárdenas Solano, Docente de la Universidad Tecnológica de los andes y personal administrativo nombrado de la Universidad Nacional José María Arguedas y con estudios de materia en informática educativa y tecnológica de la información

C&T Riqchary
Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología
ISSN: 2810-8124 (en línea) / ISSN: 2706-543x

Vol. 4 Núm. 1 (2022)
Publicado:05/11/22
DOI: https://doi.org/10.57166/riqchary/v4.n1.2022.82

Rendimiento de seis cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Will) Vilcabamba – Apurímac

Yield of six cultivars of quinoa (Chenopodium quinoa Will) Vilcabamba – Apurimac

Niki F. Flores_Pacheco[A], Sandra de_la_Vega_Peña[B], Aydee Kari_Ferro[C] Celinda Alvarez_Arias[D]

https://orcid.org/0000-0002-2772-0951[A], https://orcid.org/0000-0001-8328-2602[B], https://orcid.org/ 0000-0001-7598-7450[C] y https://orcid.org/0000-0003-1585-4001[D]

(Recepción: 15/08/2022 y aceptacion 10/11/2022)

Resumen— El estudio tuvo el propósito de evaluar el rendimiento de seis cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Will) en condiciones agroecológicas de Vilcabamba - Apurímac, para determinar cual de los cultivares presenta mejor rendimiento. Se adopto el diseño experimental donde se manipulo las variables seis variedades de quinua, que fueron distribuidas en un arreglo de diseño de bloques completamente aleatorizados (DBCA) teniendo tres repeticiones, con dieciocho unidades experimentales. Los resultados muestran que las seis variedades de quinua presentan diferencia significativa al 95% de confiabilidad, puesto que el valor de Pr(>F) es menor de 0.05. que es ratificada con el análisis de Tukey al 95% de confiabilidad, es tal que el peso de grano por panoja de seis cultivares de quinua (gr), por bloques (B1, B2, B3) tuvo el promedio y la varianza; la variedad con menor peso de grano por panoja es Pasankalla con 8.37 gr seguido por INIA Salcedo con 10.82 gr y la variedad que tiene mayor peso de grano por panoja es Amarilla Marangani con 25.00 gr, por lo que se concluye que las variedades muestran diferencias en el rendimiento.

Palabra clave: Cultivares, quinua y rendimiento

Abstract— The purpose of the study was to evaluate the performance of six quinoa cultivars (Chenopodium quinoa Will) under agroecological conditions in Vilcabamba - Apurímac, to determine which cultivar presents the best performance. The experimental design was adopted where the variables were manipulated six varieties of quinoa, which were distributed in a completely randomized block design arrangement (DBCA) having three repetitions, with eighteen experimental units. The results show that the six quinoa varieties present a significant difference at 95% reliability, since the value of Pr(>F) is less than 0.05. which is ratified with the Tukey analysis at 95% reliability, is such that the grain weight per panicle of six quinoa cultivars (g), by blocks (B1, B2, B3) had the average and the variance; the variety with the lowest grain weight per panicle is Pasankalla with 8.37 gr followed by INIA Salcedo with 10.82 gr and the variety with the highest grain weight per panicle is Amarilla Marangani with 25.00 gr, so it is concluded that the varieties show differences in the performance.

Keyword: Cultivars, quinoa and yield

A. *Niki F. Flores_Pacheco, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac, nflores@unamba.edu.pe*

B. *Sandra De_La_Vega_Peña, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac, sandradelavegape@gmail.com*

C. *Aydee Kari_Ferro, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac, akari@unamba.edu.pe*

D. *Celinda Alvarez Arias, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac, calvarez@unamba.edu.pe*

1 Introducción

La investigación se desarrolló en Vilcabamba, Grau – Apurímac, para evaluar el rendimiento de seis cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Will) en condiciones agroecológicas de Vilcabamba; se puso a prueba la afirmación: que existe diferencias significativas en el rendimiento de seis cultivares de quinua. Los resultados del estudio nos permitieron identificar que cultivar tiene mejor rendimiento para la producción de quinua a nivel regional. Al ser la quinua un cultivo versátil para la gastronomía a nivel nacional e internacional, su cultivo es una alternativa para el agricultor para mejorar el ingreso económico asegurando su alimentación por el contenido nutricional de este grano.

La quinua (*Chenopodium quinua* Willd) es un cultivo originario de los andes peruanos y de la región andina de América del Sur, sin embargo; en el Perú la producción de quinua se ve afectada por los factores ecológicos como el cambio climático, que es un aspecto transversal en las regiones productoras, que se manifiesta en las zonas ecológicas altas, con incremento de las heladas, las variaciones en la precipitación que perjudican el cultivo de secano o el agua disponible para riego que es escasa. Otros factores que incide en la producción y el rendimiento, son las malas prácticas agrícolas que hacen a la quinua susceptible al incremento de plagas y enfermedades. En Vilcabamba – Grau, el problema encontrado es el bajo rendimiento de los cultivares y la siembra mezclada de diferentes variedades de quinua en un solo terreno sin tener en consideración, la precocidad y ciclo fenológico de los cultivares (variedades) que incide en bajos rendimientos, perdiendo así oportunidades en el mercado.

El mercado actual exige volúmenes considerables y con uniformidad. Por lo que el estudio evaluó el rendimiento de seis cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Will), el estudio puede ser replicado por los agricultores, de tal manera que utilicen los cultivares con mayor rendimiento y mejoren la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Will), en razón que este cultivo es poco exigente en calidad de suelos, tiene bajo requerimiento de agua y es tolerante a plagas y enfermedades, cuestiones básicas con la que cuenta nuestra región y el país; sumado a ello la asistencia técnica por parte de las entidades promotoras del estado, permite mejorar el rendimiento y la producción de la quinua. El cultivo de la quinua, ha demostrado considerable rentabilidad en los últimos años con relación a otros cultivos, gracias al aumento de los precios y la creciente demanda de este grano al ser versátil en la gastronomía a nivel nacional e internacional. Es por lo tanto que estudios recientes de Nuñez [1], obtuvo resultados de peso de grano de panojas secundarías con respecto al número de plantas por golpe de siembra. en plantas de quinua, obteniendo que el peso de grano de panojas secundarias disminuye en función del número de plantas por golpe, de este modo cuando en el golpe de siembra hubo una planta el peso de panojas secundarias fue de 46,78 gramos, para disminuir progresivamente, así los valores descienden hasta un promedio de 23,63 gramos cuando en el golpe de siembra crecieron cuatro plantas. Asimismo Perez [2] obtuvo resultados que mediante la prueba de Tukey ($p>0.05$), la variedad Pasankalla estadisticamente es superior a la Variedad Negra Collana, esta superioridad está dada por morfológia diferente a las dos variedades, mientras las variedades de Pasankalla y Negra Collana obtiene el menor peso diferenciéndose de una a otra, los valores promedios alcanzados son de 7.48 a 9.11 gr respectivamente. De igual manera Amiquero [3]**.** Obtuvo resultados que a traves de la prueba de Tukey obtiene el peso de panoja, considerando los 24 cultivares varía entre 48.2 y 116.2 gr para los cultivares CQA-059 y CQA-046 respectivamente, considerando tres categorías, un cultivar con valor alto (116.2 g), diecinueve cultivares con valores medios (entre 55.8 a 106.0 gr) y cuatro cultivares con valores bajos (menor o igual a 53.2 gr), dentro de cada grupo no existe diferencia significativa.

2 Método

El método adoptado fue el experimental, ya que se observo el fenómeno formulando la hipótesis, buscando la replicabilidad del estudio. Se manipulo la variable independiente, seis cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Will), y se realizo las pruebas estadísticas, para encontrar la relacion entre la variable dependiente rendimiento (peso de la panoja), y se verifico la existencia de efectos significativos. Cruz [4]

2.1 Tipo y nivel de investigación

La investigación es de tipo aplicativo y nivel experimental, puesto que se manipularon los cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Will), para explicar su comportamiento, se recolectan y analizan los datos, determinando el cultivar con mejor rendimiento**.** El resultado se verifico realizando el análisis del ANOVA, en el diseño experimental (DBCA).

2.2 Diseño de la investigación

El diseño del experimento utilizó, el de bloques completamente aleatorizados (DBCA), cumpliendo los principios de la experimentación: aleatorización y repetición.

Las unidades experimentales fueron distribuidas con agrupaciones homogéneas, cada agrupación o grupo es llamado bloque, que tienen el mismo número de los tratamientos que están incluidas en el experimento, distribuido de manera aleatoria. El diseño utilizado, considero la dirección del viento, variaciones de temperatura, entre otros. Fueron instalados los seis cultivares de quinua, constituyéndose el tratamiento con tres repeticiones, entre los cultivares evaluados fueron: Amarilla Marangani, Blanca Junín, Ccoito, INIA Salcedo, Pasankalla y Pino.

Revista de investigación en ciencia y tecnología
Vol. 3 Núm. 1 (2022) Publicado:05/11/2022
DOI https://doi.org/10.57166/riqchary/v4.n1.2022.82

2.3 Población

La población de estudio estuvo constituida por plantas de seis cultivares (variedades) de cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Will), distribuidas en un arreglo de diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, por lo que se logró obtener dieciocho unidades experimentales en los cuales se instalaron los cultivares (variedades) de quinua a una distancia entre plantas de 0.20 m y entre surcos de 0.60 m. con dichos valores se determinó la población de plantas siendo un total de 1800 unidades elementales (plantas). El tipo de muestreo utilizado fue el probabilistico obteniendo el tamaño de muestra de 317 plantas de quinua.

2.4 Análisis estadístico

Los resultados de la investigación fueron recogidas en fichas de evaluación. Para procesar los resultados se cumplió con los supuestos del experimento como la normalidad de datos, verificándose con el estadístico Shapiro-wilk, con un p-valuen de 0.05 (Sig.>0.05), homogeneidad de varianzas, utilizando la prueba de Levene, con un p-valuen de 0.05 (Sig.>0.05); aleatorización, utilizando los números aleatorios del software Excel. Se proceso los datos dando respuesta al objetivo e hipótesis del estudio utilizando gráficos y tablas del Excel y SPSS 25.

3 Resultados

3.1 Resultados peso de grano por panoja de seis variedades de quinua (Chenopodum quinoa Will)

TABLA 1
Datos observados en campo de peso de grano por panoja de seis cultivares de quinua (gr)

Variedad	B1	B2	B3	Total	Prom.	Varianza
Amarrilla Marangani	27.41	14.72	32.86	74.99	25.00	86.623
Blanca Junín	6.59	35.59	12.47	54.65	18.22	234.984
Ccoito	19.92	18.93	14.76	53.6	17.87	7.497
INIA Salcedo	10.91	16.3	5.24	32.45	10.82	30.571
Pasankalla	6.89	9.79	8.44	25.11	8.37	2.106
Pino	22.2	22.41	14.9	59.52	19.84	18.289

Evaluación en campo del peso de grano por panoja de seis cultivares de quinua (Chenopodium quinoa Will) en condiciones agroecológicas de Vilcabamba - Grau - Apurímac

La tabla 1 muestra el peso de grano por panoja de seis cultivares de quinua (gr), por bloques (B1, B2, B3) donde se consigna el promedio y la varianza de las seis variedades de quinua, en la que se puede observar que la variedad con menor peso de grano por panoja es Pasankalla con 8.37 gr seguido por INIA Salcedo con 10.82 gr y la variedad de tiene mayor peso de grano por panoja es Amarilla Marangani.

TABLA 2
Análisis de varianza de los promedios de peso de grano por panoja de seis cultivares de quinua

	GL	SC	CM	Fc	Pr(>F)	Sig.
Variedad	5	5591	1118.2	11.36	0.000	0,000
Bloque	2	799	399.7	4.06	0.019	*
residual	172	16924	98.4			
Total	179	23314	1616.3			

Evaluación en campo del peso de grano por panoja de seis cultivares de quinua (Chenopodium quinoa Will) en condiciones agroecológicas de Vilcabamba - Grau - Apurímac

La tabla 2 muestra resultados del análisis de varianza de los promedios de peso de grano por panoja de seis cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Will) en ella se puede ver que entre los promedios de peso de grano por panoja de los seis cultivares de quinua existe una diferencia significativa al 95%de confiabilidad (0,000 = 95%de confiabilidad), esto quiere decir que al menos uno de las variedades tiene peso de grano por panoja estadísticamente diferente.

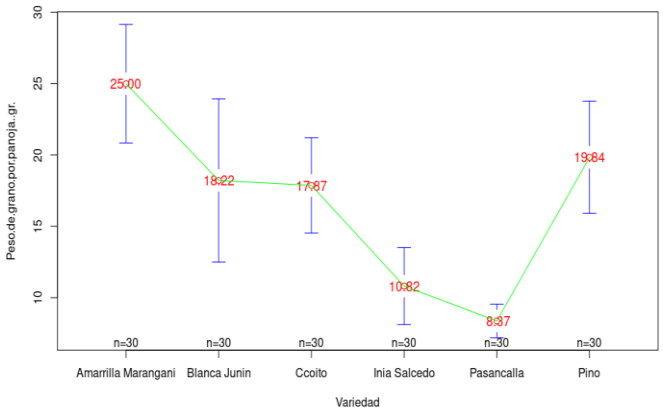


Fig. 1. Representación de los promedios y sus intervalos de confianza al 95% de confiabilidad de peso de grano por panoja de seis cultivares de quinua (Chenopodium quinoa Will)

La fig. 1. Muestra la representación gráfica de los promedios de peso de grano por panoja de seis cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Will) y sus intervalos de confianza al 95% de confiabilidad, en la que se observa que la variedad Pasankalla posee el menor peso de grano por panoja y la variedad con mayor peso de grano por panoja es Amarilla Marangani que es superior en casi tres veces al peso de Pasankalla y más del doble del peso de INIA Salcedo.

3.2 Comparación multiple de medias

TABLA 3
Comparación múltiple de Tukey al 95% de confiabilidad de los promedios de peso de grano por panoja de seis cultivares de quinua

Variedad	Diferencia	Mínimo	Máximo	p-adj
Blanca Junín-Amarilla Marangani	-6.780	-14.161	0.602	0.092
Ccoito-Amarrilla Marangani	-7.128	-14.510	0.253	0.065
INIA Salcedo-Amarilla Marangani	-14.181	-21.562	-6.799	0.000
Pasankalla-Amarilla Marangani	-16.627	-24.009	-9.245	0.000
Pino-Amarilla Marangani	-5.158	-12.539	2.224	0.339
Ccoito-Blanca Junín	-0.349	-7.730	7.033	1.000
INIA Salcedo-Blanca Junín	-7.401	-14.783	-0.019	0.049
Pasankalla-Blanca Junín	-9.847	-17.229	-2.466	0.002
Pino-Blanca Junín	1.622	-5.760	9.004	0.988
INIA Salcedo-Ccoito	-7.052	-14.434	0.329	0.070
Pasankalla-Ccoito	-9.499	-16.880	-2.117	0.004
Pino-Ccoito	1.971	-5.411	9.352	0.972
Pasankalla-INIA Salcedo	-2.446	-9.828	4.935	0.931
Pino-INIA Salcedo	9.023	1.641	16.405	0.007
Pino-Pasankalla	11.469	4.088	18.851	0.000

Fuente: Evaluación en campo del peso de grano por panoja de seis cultivares de quinua (Chenopodium quinoa Will) en condiciones agroecológicas de Vilcabamba - Grau

La tabla 3, se muestra la comparación múltiple de Tukey al 95% de confiabilidad de los promedios de peso de grano por panoja de seis cultivares de quinua, en ella se observa que entre los cultivares INIA Salcedo—Amarilla Marangani, la diferencia en peso de grano por panoja no es significativa al igual que los cultivares Pasankalla—Amarilla Marangani, Pasankalla—Blanca Junín, Pasankalla—Ccoito, Pino—INIA Salcedo, Pino—Pasankalla. La comparación de los otros cultivares muestran diferencia significativa.

TABLA 4
Comparación múltiple de Tukey al 95% de confiabilidad de los promedios por bloques de peso de grano por panoja de seis cultivares de quinua

Variedad	Diferencia	Mínimo	Máximo	p-adj
B2-B1	3.97	-0.31	8.25	0.075
B3-B1	-0.87	-5.16	3.41	0.880
B3-B2	-4.84	-9.12	-0.56	0.022

Fuente: Evaluación en campo del peso de grano por panoja de seis cultivares de quinua (Chenopodium quinoa Will) en condiciones agroecológicas de Vilcabamba - Grau

La tabla 4, muestra la comparación múltiple de Tukey al 95% de confiabilidad de los promedios por bloques de peso de grano por panoja de seis cultivares de quinua en la que se observa que los bloques B2-B1 y B3-B1 tienen una diferencia significativa, ésta podría haberse generado por otros factores que han intervenido en esta investigación pero que no se haya observado en la recolección de datos.

4 Discuciones

El peso de grano por panoja de seis cultivares de quinua (gr), por bloques (B1, B2, B3) se consigna el promedio y la varianza y se tiene que la variedad con menor Peso de grano por panoja es Pasankalla con 8.37 gr seguido por INIA Salcedo con 10.82 gr y la variedad de tiene mayor peso de grano por panoja es Amarilla Marangani. Resultado que es corroborado por Nuñez [1], que obtuvo resultados de peso de grano de panojas secundarías con respecto al número de plantas por golpe de siembra. en plantas de quinua, obteniendo que el peso de grano de panojas secundarias disminuye en función del número de plantas por golpe, de este modo cuando en el golpe de siembra si hubo una planta el peso de panojas secundarias fue de 46,78 gr, para disminuir progresivamente, así los valores descienden hasta un promedio de 23,63 gr cuando en el golpe de siembra crecieron cuatro plantas. Asimismo, Pérez [2] obtuvo resultados que mediante la prueba de Tukey ($p>0.05$), la variedad Pasankalla estadisticamente es superior a la Variedad Negra Collana, esta superioridad está dada por morfológia diferente a las dos variedades, mientras las variedades de Pasankalla y Negra Collana obtiene el menor peso diferenciéndose de una a otra , los valores promedios alcanzados son de 7.48 a 9.11 gr respectivamente. De igual manera Amiquero [3]**.** Obtuvo resultados que a traves de la prueba de Tukey se tiene que el peso de panoja, considerando los 24 cultivares varía entre 48.2 y 116.2 gr para los cultivares CQA-059 y CQA-046 respectivamente, se pueden considerar tres categorías, un cultivar con valor alto (116.2 gr), diecinueve cultivares con valores medios (entre 55.8 a 106.0 gr) y cuatro cultivares con valores bajos (menor o igual a 53.2 gr), dentro de cada grupo no existe diferencia significativa.

5 Conclusiones

Respecto al rendimiento de seis cultivares de quinua *(Chenopodium quinoa Will*) en condiciones agroecológicas del distrito de Vilcabamba, provincia de Grau - Apurímac. Se concluye que el peso por grano por panoja presenta diferencia significativa entre variedades evaluado al 95 % de confianza. Siendo el cultivar (variedad) Amarilla Marangani con mejor resultados para rendimiento con un peso de grano de 25.00gr por panoja, seguido por los cultivares Pino con 19.84gr, Blanca Junín con 18.22gr, Ccoito con 17.87gr, INIA Salcedo con 10.82gr y Pasankalla con 8.37gr.

Referencias

[1] Núñez, Influencia del distanciamiento y número de plantas por golpe en el rendimiento de grano de quinua (Chenopodium quinoa Willd.)., 2017.

[2] Pérez, Respuesta de tres variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd) a tres niveles de gallinaza Valle de Yucaes-Tambillo, 2535 msnm.-Ayacucho, Ayacucho, 2014. https://doi.org/10.1007/978-3-642-76153-9_28

[3] Amiquero, Selección y evaluación de poblaciones varietales de quinua de grano blanco (Chenopodium quinoa Willd.). Canaán 2735 msnm-Ayacucho, Ayacucho, 2014.

[4] Cruz, Investigación Empírica: Características, Métodos y Criterios https://www.lifeder.com/investigacion-empirica/, 2018.

[5] MINAGRI, "Quinua peruana, situacion actual y perspectivas en el mercado nacional e internacional," Lima -Perú, 2015.

[6] Apaza, Manejo integral del cultivo de quinua en condiciones del altiplano, Lima, Lima, Perú , 2013.

[7] Cervantes, Evaluacion del rendimiento del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willdenow) en el sector de Pumaranra anexo de Kerapata distrito de Tamburco., Abancay, 2016.

[8] López, Comparación de rendimiento cinco variedades mejoradas de quinua (Chenopodium quinoa wild) en la comunidad de Saccsahuillca – Mara – Cotabambas, Abancay, 2017.

[9] Quispe, Evaluación del potencial de rendimiento y calidad de líneas mutantes de quinua (Chenopodium quinoa Willd)VAR. Pasankalla en condiciones de Costa Central". Lima : s.n., 2015. Q/G., Lima, 2015.

[10] Chuquimarca and Quispe, Evaluación de la adaptación y rendimiento de diez líneas de quinua (chenopodium quínoa will), en la parroquiacalpi cantón riobamba provincia de Chimborazo. Riobamba-Ecuador, Chimborazo, 2019.

[11] Deza, "Rendimiento y calidad de la quinua (Chenopodium quinoa Willd) con dos densidades de siembra y dos sistemas de fertilización en condiciones de La Molina," UNALM, Lima, 2018.

[12] Garrido, "Evaluación del rendimiento de nueve genotipos de quinua (Chenopodium quinoa Willd. j bajo diferentes disponibilidades hídricas en ambiente mediterráneo.," *IDESIA ARICA,* vol. 31, no. 2, pp. 69-76, 2013. https://doi.org/10.4067/S0718-34292013000200010

[13] Huaman, "Efecto de los abonos orgánicos y dosis de un biofertilizante en el rendimiento de quinua (Chenopodium quinoa) Chachapoyas, Amazonas," *Agroproducción sustentable,* vol. 1, no. 1, pp. 63-69, 2017. https://doi.org/10.25127/aps.20171.353

[14] Cárdenas, "Competitividad de la cadena productiva de la quinua en el Valle de Mantaro," 2015.

[15] Vasquez, Rendimiento y crecimiento de cuatro variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) bajo tres densidades de siembra en riego por goteo, Lima, 2019.

BIOGRAFÍAS

Niki Franklin Flores Pacheco[A], Ingeniero Agronomo, adscrito al Departamento Academico de Ingenieria, Escuela Academico Profesional de Ingenieria Agroecologica y Desarrollo Rural de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac. Correo electrónico: nflores@unamba.edu.pe

Sandra De La Vega Peña[B], Ingenierio Agroecologo Rural, Escuela Academico Profesional de Ingenieria Agroecologica y Desarrollo Rural de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac.Correo electrónico: sandradelavegape@gmail.com

Aydee Kari Ferro[C], Ingeniero Agronomo, adscrito al Departamento Academico de Ingenieria, Escuela Academico Profesional de Ingenieria Agroecologica y Desarrollo Rural de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac. Correo electrónico: akari@unamba.edu.pe

Celinda Alvarez Arias[D], Ingeniero Agronomo adscrito al Departamento Academico de Ingenieria, Escuela Academico Profesional de Ingenieria Agroecologica y Desarrollo Rural de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac. Correo electrónico: calvarez@unamba.edu.pe

C&T Riqchary
Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología
ISSN: 2810-8124 (en línea) / ISSN: 2706-543x

Vol. 4 Núm. 1 (2022)
Publicado:05/11/22
DOI: https://doi.org/10.57166/riqchary/v4.n1.2022.83

Presencia de metales pesados en suelos agrícolas de la subcuenca Llallimayo, departamento de Puno

Heavy metals in agricultural soils of the Llallimayo sub-basin, department of Puno

Germán R. Espinoza_Rivas[A], José A. Cárdenas_Catalán[B], Nora G. Echegaray_Peña[C]

https://orcid.org/000-0002-65477761[A], https://orcid.org/0000-0002-1155-0943[B]

https://orcid.org/000-0001-8664-1535[C]

(Recepción: 15/08/2022 y aceptacion 10/11/2022)

Resumen— La contaminación de medios acuáticos por metales pesados es una de las mayores preocupaciones en localidades rurales y ciudades urbanas, para ello durante los meses de julio y noviembre del año 2020, se evaluaron parámetros y tomaron muestras aguas arriba y abajo del rio Chacapalca, analizándose los parámetros fisicoquímicos: como el potencial hidrógeno (pH), la temperatura (°C), la conductividad eléctrica (CE); metales pesados: Aluminio (Al), arsénico (As), cadmio (Cd), cromo total (Cr), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), mercurio (Hg), plomo (Pb), zinc (Zn); coliformes totales y coliformes termotolerantes. El objetivo fue evaluar la calidad del agua en la subcuenca del río Llallimayo e identificar los factores contaminantes correlacionados con los ECA del agua del D.S. N° 004-2017-MINAM. Los parámetros inorgánicos indican que los valores altos de pH (9,7) y CE (2674) sobrepasan los valores ECA; asimismo, los parámetros inorgánicos muestran que los elementos Al, As, Cd, Cu, Mn, Hg y Pb, no son aptos para riego de vegetales, bebida de animales y calidad del ambiente acuático. Concluyendo que, la descarga del efluente minero contamina gravemente y llevan a sobrepasar los límites permisibles para Al, As, Cu, Fe, Mn y Zn en agua para uso y consumo humano.

Palabras clave: Agua superficial, calidad del agua, contaminación, metales pesados.

Abstract— Contamination of aquatic environments by heavy metals is one of the major concerns in rural localities and urban cities, for this reason during the months of July and November 2020, parameters were evaluated and samples were taken upstream and downstream of the Chacapalca river, analyzing physicochemical parameters: such as hydrogen potential (pH), temperature (°C), electrical conductivity (EC); heavy metals: aluminum (Al), arsenic (As), cadmium (Cd), total chromium (Cr), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn), mercury (Hg), lead (Pb), zinc (Zn); total coliforms and thermotolerant coliforms. The objective was to evaluate water quality in the Llallimayo River sub-basin and identify the pollutant factors correlated with the water ECAs of D.S. N° 004-2017-MINAM. The inorganic parameters indicate that high values of pH (9.7) and EC (2674) exceed the ECA values; likewise, the inorganic parameters show that the elements Al, As, Cd, Cu, Mn, Hg and Pb, are not suitable for vegetable irrigation, animal drinking and aquatic environment quality. In conclusion, the discharge of mining effluent seriously contaminates and exceeds the permissible limits for Al, As, Cu, Fe, Mn and Zn in water for human use and consumption.

Keyword: Contamination, heavy metals, surface water, water quality.

A. Germán R. Espinoza_Rivas, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, gespinoza@unamba.edu.pe

B. José A. Cárdenas_Catalán, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, jcardenas@unamba.edu.pe

C. Nora G. Echegaray_Peña, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, nechegaray@unamba.edu.pe

1 Introducción

En la actualidad nuestro planeta enfrenta múltiples problemas ambientales provenientes de diversas fuentes, actividades económicas, industriales, antrópicas y causas naturales, los que en conjunto se traducen en impactos negativos a los ecosistemas y mayormente a los diferentes organismos que conllevan a la mutación de las características físicas, químicas y biológicas del medio ambiente. Esta causa es un denominador común y frecuente en nuestro país, que se refleja del crecimiento poblacional traducido en un incremento de las manchas urbanas generando la disminución y pérdida de cualidades de los ecosistemas, así como la degradación de suelos agrícolas [1], [2], [3], [4]. La alteración de los suelos, recursos hídricos y del aire por metales pesados y metaloides, proyectan una tendencia de la problemática más severa que compromete la seguridad alimentaria y la salud pública a nivel local y mundial. [1], [5], [6]. Cabe señalar que las diversas actividades antropogénicas e industriales vienen generando un aumento en la emisión de sustancias contaminantes, causando la acumulación de polución en los suelos, agua y plantas, que están íntimamente relacionados con las especies animales; lo cual facilita la entrada de dichas sustancias toxicas a las redes tróficas. Dentro de los contaminantes ambientales se encuentran los metales pesados, algunos de estos metales son benéficos, debido al papel que desempeñan en las funciones bioquímicas y fisiológicas en los seres vivos y otros pueden ser muy tóxicos o inclusive letales en concentraciones muy bajas [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13].

Un asunto contemporáneo y álgido que desvela la realidad de nuestra región y el ámbito de nuestro país, es que la mayoría de los proyectos mineros en Perú, contaminan las aguas debido a los relaves de los procesos de flotación en la extracción metalúrgica de minerales, indudablemente ello incrementa el grado de contaminación en ríos, lagos, lagunas y en el mar, que son los receptores hídricos de las evacuaciones residuales provocadas por el hombre. La contaminación del recurso hídrico, evidenciado en el cambio de su composición físico-química, inorgánica y microbiológica por metales pesados a altas concentraciones como: Pb, Fe, Cu, Zn, As, Cr, Cd, Mg y algunos reactivos químicos concurrentes de los referidos procesos metalúrgicos, provenientes de las plantas de tratamientos de minerales no son susceptibles ni a una bio- ni a una quimio-remediación en el corto plazo [14], [15], [16], [17], [18], conllevando a un nivel alarmante de toxicidad para el hombre, flora y fauna de los ecosistemas.
La presencia de metales pesados, como Pb, Cd, Hg, Cr entre otros, se acumulan y permanecen en el ambiente al igual que en los organismos vivos (provocando toxicidad, bioacumulación, alteraciones bioquímicas o mutagénesis, en plantas y animales), por largos períodos de tiempo [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25]. Cabe señalar que el origen de las altas concentraciones de Cu, Pb, Zn, Cr, Ni y Sn son las diversas actividades domésticas e industriales de las urbes adyacentes a las cuecas ribereñas, así como la escorrentía urbana y agropecuaria, las aguas residuales industriales y hospitalarias que se descargan en los ríos sin tratamiento previo (Vivas 2015; Kilunga *et al.* 2019). También se han reportado estadísticas sobre el contenido contaminante en metales pesados como la elevada concentración de Hg, Cu, Pb, Zn y Mn, y la contaminación moderada de Co y Fe en partes bajas y medias en el recorrido del cauce del río [6], pero lo resaltable es la contaminación severa en las partes altas o cabeceras de cuencas de los ríos con los efectos adversos sobre la biota acuática, de acuerdo con las directrices internacionales [26].

Es por ello que el presente estudio determina no solo la necesidad de evaluar la calidad del aguas y ecosistemas altoandinos, además, amerita la importancia de analizar los parámetros físico-químicos, inorgánicos y microbiológicos de las diversas fuentes de agua, en particular la de consumo humano. El objetivo de esta investigación es evaluar la calidad del agua y presencia de metales pesados en la subcuenca parte alta del rio Llallimayo; para ello, se realizó el análisis y tomas de aguas in situ sobre los ríos Pataqueña y Chacapalca en dos puntos de muestreo tomas, RP-1 (aguas arriba) y RC-1 (aguas abajo), después de la confluencia con el rio Azufrini, identificando los factores contaminantes correlacionados con los Estándares de Calidad del Agua del D.S. N° 004-2017-MINAM.

2 Métodos

2.1 Lugar de estudio

El proyecto de investigación se ubica en la Provincia de Melgar, Distrito de Llalli, dentro de la unidad geográfica de Sierra y en la sub unidad geográfica del Altiplano. Como ámbito hidrográfico comprende los distritos de Ayaviri, Cupi, Llallí, Macari y Umachiri, en la provincia de Melgar; con una población ganadera (vacuno, ovino, camélido y Porcino) de 1 326 553 animales, que beben mensualmente un volumen hídrico de 0,126 MMC de agua y que anualmente su demanda hídrica es de 1 506 MMC, cifra que representa el 31,06% del volumen total demandado. La sub unidad geográfica Altiplano, región Suni o Jalca, se encuentra en una altitud que va desde 3 500 a 4 100 m.s.n.m.; presenta una topografía relativamente plana o medianamente accidentada; la temperatura promedio anual oscila desde 0,06º C. hasta 19º C, con una precipitación promedio anual de 845 mm. La población estimada es de 4 719 habitantes (FUENTE: INEI – Censos Nacionales: XI de Población y VI de Vivienda 2017).

2.2 Población y muestra

Agua superficial de la subcuenca parte alta del río Llallimayo provincia de Melgar, departamento de Puno.
No probabilística, para contaminantes metálicos (As, Cd, Cu, Hg y Pb), 1 litro de agua por estación de monitoreo. El análisis instrumental está basado en la metodología internacional validada por EPA 200.8, Rev 5.4:1994. Determination of Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (Validado).2016. Estándar en el que se basa los procedimien-

tos y resultados del Laboratorio de Ensayo SGS, acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL - DA, con Registro N° LE – 002; donde se realizaron los análisis de agua de esta investigación.

La selección de los puntos de estudio para la toma de muestras fue mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia o juicio, tomando en consideración la disposición de tiempo y recursos para el desarrollo de la investigación; después de ello, se adaptará el método teórico de relación, validación, comparación e interpretación de datos.

2.3 Puntos de muestreo de aguas en el área de estudio

La tabla 1 líneas abajo, presenta la ubicación de los puntos de muestreo para los análisis de los componentes fisicoquímicos a lo largo de los rios Pataqueña y Chacapalca de la subcuenca parte alta del rio Llallimayo.

TABLA 1
Ubicación de los puntos de muestreo

Puntos de Muestreo	Descripción	Coordenadas UTM Norte	Este
P-1	Este punto se encuentra ubicado en el rio Pataqueña, 200 metros aguas arriba, antes de la confluencia con el rio Azufrini, a 70 m noroeste del Cerro Chatalalla, a una altitud de 4446 m..n.m	8 311 529	300 634
P-2	Este punto se encuentra ubicado en el rio Chacapalca, 150 metros aguas abajo de la confluencia con el rio Azufrini cerca del área de deslizamiento de la ladera oeste del Cerro Joillone, a 50 m al norte del Cerro Villacollo, a una altitud 4452 m.s.n.m.	8 311 694	300 449



Fig. 1. Mapa de ubicación de puntos de muestreo - Fuente: Google Earth Pro 2021

2.4 Descripción del método de investigacion

La investigación es de tipo cualitativa, primero se analizaron los parámetros físico-químicos, luego se realizó la caracterización de los parámetros inorgánicos, para finalmente evaluar los parámetros microbiológicos del agua de los ríos Pataqueña y Chacapalca respectivamente. El método empleado para los análisis de agua e identificación de los parámetros inorgánicos fue a través del laboratorio SGS, utilizando el método instrumental de espectrometría de absorción atómica.

Los principales parámetros físico-químicos como el pH y conductividad son indicadores que las aguas del río Pataqueña aguas arriba se encuentran ligeramente afectadas por la actividad agropecuaria de la zona. Los parámetros inorgánicos: Al, As, Cd, Cu, Mn, Hg y Pb en la columna de agua determinan la calidad del agua del río Chacapalca aguas abajo; asimismo los parámetros microbiológicos precisan que existe presencia de coliformes termotolerantes a lo largo del cauce principal aguas arriba del río Pataqueña.

Tipo de investigación. Es descriptiva y explicativa o causal.

2.5 Estándares Nacionales para Calidad Ambiental del Agua

En el Perú existen normas ambientales de disposición obligatoria en todo proyecto de inversión pública y/o privada que implique actividades, construcciones u obras que puedan causar impactos ambientales negativos. Estas normas ambientales establecen, por acuerdo entre los distintos sectores de la sociedad, cuáles serán los niveles de sustancias contaminantes que serán considerados aceptables y seguros para la salud del ser humano y del medio ambiente. Los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) como instrumentos de la legislación ambiental peruana tienen una contradicción: considera al ecosistema como un sistema complejo adaptativo (CAS), pero las metas para su gestión y las herramientas que usan son de sistemas simples. [27].

TABLA 2
Estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para Agua – D.S. N° 004-2017-MINAM – Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales

AGUA PARA RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALI			
Parámetros	Unidad de Medida	D1 Riego de vegetales	D2 Bebida de animales
Físicos-Químico			
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
Conductividad	µS/cm	2500	5000
Oxígeno Disuelt	mg/L	≥ 4	≥ 5
Inorgánicos			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Cobre	mg/L	0,2	0,5
Manganeso	mg/L	0,2	0,2
Mercurio	mg/L	0,001	0,01
Plomo	mg/L	0,05	0,05
Microbiológicos			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1000	1000

2.6 Muestreo de aguas para parámetros inorgánicos

La caracterización se efectuó en 2 puntos de muestreo, se recolectó 2 muestras de agua para cada punto de muestreo y se analizaron siete parámetros por muestra de agua (Al, As, Cd, Cu, Mn, Hg y Pb).

Se ubicaron dos (02) puntos para realizar esta investigación los cuales se detallan en la tabla N° 1. Los muestreos se realizaron de manera aleatoria, con dos repeticiones. Estas muestras se tomaron al azar, disponiéndolas en envases de plástico previamente lavados y esterilizados in situ dos veces y rotulados adecuadamente cada envase. Para el transporte de las muestras al laboratorio SGS se empacaron en bolsas de polietileno pesado protegidas con hielo triturado en un conservador especial para muestras (plastoform) manteniéndose aproximadamente el interior a una temperatura de 4° C. El arribo de las muestras al laboratorio se conservó a la misma temperatura en un refrigerador hasta ser procesadas las muestras.

TABLA 3
Estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para Agua – D.S. N° 004-2017-MINAM – Categoría 4 Conservación del ambiente acuático

CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO			
Parámetros	Unidad de Medida	E1 Lagunas y Lagos	E2 Ríos Costa y Sierra
Físicos-Químicos			
pH	Unidad de pH	6,5 – 9,0	6,5 – 9,0
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
Conductividad	µS/cm	1000	1000
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 5	≥ 5
Inorgánicos			
Arsénico	mg/L	0,15	0,15
Cadmio	mg/L	0,00025	0,00025
Cobre	mg/L	0,1	0,1
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025
Microbiológicos			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1000	2000

Los análisis de agua se realizaron en el laboratorio acreditado SGS de la ciudad de Lima.

a. Método de Análisis de Arsénico: Espectrofotometría de Absorción Atómica.
b. Método de Análisis de Mercurio: Absorción Atómica de vapor en frio.

TABLA 4
Variables hidroquímicas y metodologías de parámetros inorgánicos

Parámetros	Unidad de Medida	Métodos Utilizados	Límite de Detección
Aluminio	mg/L	EPA METHOD 3051A:2007. Microware Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils and Oils/EPA METHOD 6020B:2014. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry.	0.001
Arsénico	mg/L		0.00003
Cadmio	mg/L		0.00001
Cobre	mg/L		0.00003
Manganeso	mg/L		0.00003
Mercurio	mg/L		0.00003
Plomo	mg/L		0.0002

2.6.1 Diseño estadístico

Se considerará la evaluación de los parámetros inorgánicos-metales pesados Al, As, Cd, Cu, Mn, Hg y Pb en base a la concentración de los muestreos que se realizaron de manera aleatoria; con repetición. Para efectos del presente trabajo se utilizó el diseño completo al azar, donde fueron evaluados el área de estudio. Para la solución del modelo aditivo lineal se aplicó el programa de SAS 9.0.

El modelo de la clasificación de doble entrada es:

$$y_{ij} = \mu+\tau_j+e_{ij},\ i = 1, \ldots, r,\ j = 1, \ldots, t$$

$$E(e_{ij}) = 0,\ E(e_{ij}^2) = \sigma^2,\ E\ (e_{ij}\, e_{i},e_{j},) = 0$$

Dónde:

μ = media
τ_j = efecto del tratamiento j (efecto de los ríos tributarios).
e_{ij} = error aleatorio producido por el bloque i y tratamiento j.
E( ) = operador valor esperado.

2.9.2 Análisis de Varianza

Para el modelo estadístico lineal el análisis de varianza va a tener tres fuentes de variación. Tratamientos, bloques, error, que juntos constituyen la variabilidad total.

2.10 Técnicas de Muestreo

El muestreo se realizó en zonas de máximo caudal de agua, evitando la remoción de sedimentos. La toma de muestras se realizó en recipientes de polietileno de alta densidad, lavados previamente en el laboratorio con ácido nítrico al 1% de acuerdo al protocolo. Se cebó tres veces el recipiente con agua de río del punto de muestreo respectivo. La toma de muestras se hizo de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA).

Para la obtención de valores "in situ" potencial de hidrogeno (pH), temperatura (T°), oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), se utilizó el multiparámetro (modelo Hanna HI991301). Para la determinación de metales se usó el Espectrofotómetro de absorción atómica del laboratorio SGS (Marca Perkinelmer analyst 200). Para la evaluación de la concentración de metales pesados se utilizó una tabla de doble entrada donde se registró el tipo y la muestra, de acuerdo a su concentración, teniendo en cuenta el número de muestras estudiadas.

La recolección de muestras se hizo desde el mes de diciembre de 2020 a febrero de 2021. En cada punto se tomó

una muestra para el análisis de los parámetros físico-químicos, inorgánicos y microbiológicos, quedando registradas en la cadena de custodia correspondientes para cada unidad de muestreo.

3 Resultados

Características de los parámetros inorgánicos-metales pesados en la subcuenca parte alta del río Llallimayo

La presencia de los metales se muestra de diversas formas, sean antrópicas o naturales, estos pueden llegan a los cursos de agua a través de múltiples vías. En una frecuencia de eventos mucho mayor, pero a concentraciones que no pueden calificarse de catastróficas, la llegada de tóxicos a los sistemas acuáticos puede producir efectos notables sobre la composición de la biota y la organización del ecosistema [28].

TABLA 5
Resultados de análisis para el Aluminio en los rios Pataqueña y Chacapalca

Parámetro	Unidad de Medida	Punto de Muestreo	Índices de Campo D1 Riego de vegetales	D2 Bebida de animales	E2 Ambiente acuático
Valores ECA	mg/L		5,0	5,0	No aplica
Aluminio	mg/L	P1	0,038	0,038	0,038
		P2	13,167	13,167	13,167

Con un valor preocupante de 13.167 mg/L frente a un valor permisible de 5 mg/L que establece el ECA, ello implica un 160% de excesividad de su valor tolerable. De acuerdo información relevante y fuentes bibliográficas, el aluminio es más toxico a temperaturas bajas y cuando el pH tiende a ser ácido; este análisis corrobora la inexistencia de fauna en la parte alta de la subcuenca del río Llallimayo, concluyendo que el aporte principal son las actividades mineras y de procesamiento de minerales provenientes de la minera Aruntani. Por esta razón, las aguas de este cuerpo hídrico no son aptas para riego de vegetales y bebida de animales y consecuentemente la calidad del ambiente acuático está gravemente afectada.

TABLA 6
Resultados de análisis Arsénico de los rios Pataqueña y Chacapalca

Parámetro	Unidad de Medida	Punto de Muestreo	Índices de Campo D1 Riego de vegetales	D2 Bebida de animales	E2 Ambiente acuático
Valores ECA	mg/L		0,1	0,2	0,15
Arsénico	mg/L	P1	0,07760	0,07760	0,07760
		P2	0,10622	0,10622	0,10622

En valor del arsénico en las aguas superficiales del río Pataqueña, punto de muestreo P-1 no excede el ECA para aguas, a diferencia del valor máximo obtenido en el P-2 aguas abajo del río Chacapalca, que si sobrepasa el valor permisible por el ECA para aguas de uso riego de vegetales, atribuyéndose que es la presencia de la minera Aruntani quien contamina con esta concentración metálica, haciendo que el ambiente acuático a partir de la confluencia de los rios Azufrini y Pataqueña sea considerado degradado por la presencia del arsénico en sus aguas, afectando la flora y fauna del cuerpo de agua.

TABLA 7
Resultados de análisis para el Cadmio en los rios Pataqueña y Chacapalca

Parámetro	Unidad de Medida	Punto de Muestreo	Índices de Campo D1 Riego de vegetales	D2 Bebida de animales	E2 Ambiente acuático
Valores ECA	mg/L		0,01	0,05	0,00025
Cadmio	mg/L	P1	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003
		P2	0,01056	0,01056	0,01056

La presencia del cadmio en aguas superficiales está asociada a residuos industriales y procesos de lixiviación en actividades mineras, como es el caso de nuestro estudio. El valor obtenido aguas debajo de la confluencia de los ríos Azufrini y Pataqueña, se debe sin duda a la presencia y actividad de la minera Aruntani.

TABLA 8
Resultados de análisis para el Cobre en los rios Pataqueña y Chacapalca

Parámetro	Unidad de Medida	Punto de Muestreo	Índices de Campo D1 Riego de vegetales	D2 Bebida de animales	E2 Ambiente acuático
Valores ECA	mg/L		0,2	0,5	0,1
Cobre	mg/L	P1	0,00165	0,00165	0,00165
		P2	1,56238	1,56238	1,56238

El valor de 1,56238 obtenido en el punto de muestreo P-2 aguas abajo del río Chacapalca es realmente inquietante frente a un valor permisible de 0,1 mg/L, 0,2 mg/L y 0,5 mg/L que establece el ECA para las categorías de uso de aguas de riego de vegetales, bebida de animales y conservación del ambiente acuático. De acuerdo a bibliografía disponible, el cobre es sumamente letal y toxico a temperaturas bajas y cuando el pH tiende a ser ácido; este análisis corrobora la poca presencia de flora, fauna y otros organismos en la parte alta de la subcuenca del río Llallimayo, deduciendo que el aporte principal de este elemento son las actividades mineras y generación de desechos tóxicos de procesamiento provenientes de la minera Aruntani. Razón por la cual, las aguas de este cuerpo hídrico no son aptas para riego de vegetales y bebida de animales y consecuentemente la calidad del ambiente acuático se está viendo fuertemente afectada.

TABLA 9
Resultados de análisis para el Manganeso en los rios

Pataqueña y Chacapalca

Parámetro	Unidad de Medida	Punto de Muestreo	Índices de Campo D1 Riego de vegetales	D2 Bebida de animales	E2 Ambiente acuático
Valores ECA	mg/L		0,2	0,2	No aplica
Manganeso	mg/L	P1	0,01142	0,01142	0,01142
		P2	0,48139	0,48139	0,48139

La presencia del manganeso en el cuerpo de agua de la subcuenca parte alta del río Llallimayo nos muestra que la única fuente que puede encontrarse es a través de procesos industriales de actividad minera, lo preocupante al igual que otras sustancias de metales pesados como el plomo, cadmio y/o mercurio es que no se degradan y es bioacumulable en el organismo viviente. Con estos valores se precisa que el cuerpo de agua del río Llallimayo no es permisible para riego de vegetales, ni bebida de animales y consecuentemente deteriora la calidad del ambiente acuático de la subcuenca del río mencionado.

TABLA 10
Resultados de análisis para el Mercurio en los rios Pataqueña y Chacapalca

Parámetro	Unidad de Medida	Punto de Muestreo	Índices de Campo D1 Riego de vegetales	D2 Bebida de animales	E2 Ambiente acuático
Valores ECA	mg/L		0,001	0,01	0,0001
Mercurio	mg/L	P1	< 0,00009	< 0,00009	< 0,00009
		P2	< 0,00009	< 0,00009	< 0,00009

La presencia del mercurio por debajo de los niveles ECA con ese valor no nos hace pensar que deja de ser nocivo, existe un grado de existencia que puede incrementarse en periodos de avenidas, dado que el agua por efecto de las lluvias hace que se diluya e incremente su valor en el medio acuático.

TABLA 11
Resultados de análisis para el Plomo en los rios Pataqueña y Chacapalca

Parámetro	Unidad de Medida	Punto de Muestreo	Índices de Campo D1 Riego de vegetales	D2 Bebida de animales	E2 Ambiente acuático
Valores ECA	mg/L		5,0	5,0	No aplica
Plomo	mg/L	P1	0,0009	0,0009	0,0009
		P2	0,0019	0,0019	0,0019

Los bajos niveles de plomo en los ambientes acuáticos de la zona de estudio, consideran que brindan una relativa seguridad de su inexistencia, pero ello no da lugar a pensar que pueden dejar de aumentar su presencia en épocas de lluvias, sobre todo en la parte baja del río Chacapalca, cuyo valor es 0,0019 mg/L.

El peso de grano por panoja de seis cultivares de quinua (gr), por bloques (B1, B2, B3) se consigna el promedio y la varianza y se tiene que la variedad con menor Peso de grano por panoja es Pasankalla con 8.37 gr seguido por INIA Salcedo con 10.82 gr y la variedad de tiene mayor peso de grano por panoja es Amarilla Marangani. Resultado que es corroborado por Nuñez [1], que obtuvo resultados de peso de grano de panojas secundarías con respecto al número de plantas por golpe de siembra. en plantas de quinua, obteniendo que el peso de grano de panojas secundarias disminuye en función del número de plantas por golpe, de este modo cuando en el golpe de siembra si hubo una planta el peso de panojas secundarias fue de 46,78 gr, para disminuir progresivamente, así los valores descienden hasta un promedio de 23,63 gr cuando en el golpe de siembra crecieron cuatro plantas. Asimismo, Pérez [2] obtuvo resultados que mediante la prueba de Tukey ($p>0.05$), la variedad Pasankalla estadisticamente es superior a la Variedad Negra Collana, esta superioridad está dada por morfológia diferente a las dos variedades, mientras las variedades de Pasankalla y Negra Collana obtiene el menor peso diferenciéndose de una a otra , los valores promedios alcanzados son de 7.48 a 9.11 gr respectivamente. De igual manera Amiquero [3]**.** Obtuvo resultados que a traves de la prueba de Tukey se tiene que el peso de panoja, considerando los 24 cultivares varía entre 48.2 y 116.2 gr para los cultivares CQA-059 y CQA-046 respectivamente, se pueden considerar tres categorías, un cultivar con valor alto (116.2 gr), diecinueve cultivares con valores medios (entre 55.8 a 106.0 gr) y cuatro cultivares con valores bajos (menor o igual a 53.2 gr), dentro de cada grupo no existe diferencia significativa.

4 DISCUSIÓN

De acuerdo a los valores obtenidos en el laboratorio para el parámetro de coliformes termotolerantes, los microorganismos fecales y patógenos desaparecen y son exterminados en un ambiente acuático de carácter ácido, por la presencia de rangos elevados en aluminio, arsénico, cobre cadmio y manganeso, presentes en elevadas cantidades, convirtiéndolo de aguas alcalinas aguas arriba del río Pataqueña a un cuerpo de elevada acidez en la parte baja de la confluencia con el río Azufrini, aguas abajo del río Chacapalca.

Para los parámetros físico-químicos, los resultados obtenidos de campo nos indican que los valores altos del pH (9,7) y la CE (2674) sobrepasan los valores ECA para aguas, lo cual explica que este valor de acidez responde a la mineralización ácida de las aguas después de la confluencia del río Azufrini de carácter contaminante hacia el río Pataqueña; asimismo, la CE se le atribuye a la presencia de metales pesados provenientes del rio Azufrini. Cabe precisar que el muestro de aguas se realizó en época de estiaje (mes de julio) y ello concluye que los resultados no están relacionados a las precipitaciones, ya que las aguas de lluvia incrementan la disolución de minerales.

Los resultados de los parámetros inorgánicos muestran que los elementos analizados Al (13167), As (0.1062), Cd (0.01056), Cu (1.56238), Mn (0,48139), Hg (< 0,00009) y Pb (0,0019), los cinco primeros mencionados superaron los ECA permisibles para agua, calificándoseles como no permisibles para riego de vegetales, bebida de animales y calidad del ambiente acuático. Cabe señalar que la interpretación de estos valores fue evaluada con mucha cautela y los resultados nos inducen a asumir que la presencia de estos elementos tóxicos en las aguas de la subcuenca Llallimayo son provenientes de las actividades antrópicas e industriales de la mina Aruntani.

La evaluación de los parámetros microbiológicos, complementa la hipótesis de nuestro estudio, aguas arriba del rio Pataqueña alcalinas por naturaleza, se concentran microorganismos fecales y patógenos (3300 NMP/100 ml por encima de los límites ECA), pero desaparecen completamente y son exterminados en un ambiente acuático de carácter ácido, por la presencia de rangos elevados en sustancias toxicas como el aluminio, arsénico, cobre cadmio y manganeso, presentes en elevadas cantidades, convirtiéndolo de aguas alcalinas a un cuerpo de elevada acidez en la parte baja de la confluencia con el río Azufrini, aguas abajo del río Chacapalca; sin duda, corrobora la descarga de desechos industriales provenientes de la actividad minera en la zona.

5 Conclusiones

Los rios que conforman la subcuenca parte alta del rio Llallimayo son el río Pataqueña aguas arriba y el rio Chacapalca aguas abajo que se origina de la confluencia con el río Azufrini; estos cuerpos de agua presentan los siguientes parámetros físico-químicos: pH = 9,7 y 6,3; Temperatura = 9,5 y 9,8 °C; CE = 1582 µS/cm y 2674 µS/cm.

Las concentraciones de los parámetros inorgánicos-metales pesados son: Aluminio = 0,38 mg/L y 13,167 mg/L; Arsénico = 0,07760 mg/L y 0,10622 mg/L; Cadmio = < 0,00003 mg/L y 0,01056 mg/L; Cobre = 0,00165 mg/L y 1,56238 mg/L; Manganeso = 0, 01142 mg/L y 0,48139 mg/L; Mercurio = < 0,00009 mg/L y Plomo 0,0009 mg/L y 0,0019 mg/L.

Se identificaron que las concentraciones pH = 9,9 y 6,3; CE = 2674 µS/cm; Aluminio = 13,167 mg/L; Arsénico = 0,10622 mg/L; Cadmio = 0,01056 mg/L; Cobre = 1,56238 mg/L y Manganeso = 0,48139 mg/L, son los parámetros identificados que sobrepasan los valores de Estándares de Calidad Ambiental establecido por el D.S. N° 004-2017-MINAM.

De acuerdo a la correlación e interpretación de los resultados de laboratorio y ECA para agua, establecido por el D.S. N° 004-2017-MINAM, se identifica que los parámetros que sobrepasan los valores de Estándares de Calidad Ambiental para el agua son: Al, As, Cd, Cu y Mn; la nocividad de estas sustancias metálicas elimina toda presencia de flora, fauna y microorganismos presentes en la subcuenca parte alta del rio Llallimayo, infiriendo que las aguas no sean aptas para el riego de vegetales, bebida de animales y calidad del ambiente acuático; los cuales son correspondientes de acuerdo al ECA para la Categoría 3, Subcategorías D1, D2 y Categoría 4, Subcategoría E2 respectivamente.

La causa principal de contaminación de la subcuenca parte alta del río Llallimayo es la descarga de desechos industriales provenientes de la actividad minera en la zona, siendo el río Azufrini el cauce receptivo de estas sustancias toxica y que al confluir con el río Pataqueña altera el equilibrio del ecosistema hídrico de la zona.

Referencias

[1] Alahabadi, A., Malvandi, H., 2018, Contamination and ecological risk assessment of heavy metals and metalloids in surface sediments of the Tajan River, Iran, *Mar. Pollut. Bull*, *133*, 741–749. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.030

[2] Mohammad, M., Lokman, M., Islam, S. Rahman, Z., (2016). *Preliminary assessment of heavy metals in water and sediment of Karnaphuli River*, Bangladesh, *Environ. Nanotech, Monit. Manag.*, *5*, 27–35. https://doi.org/10.1016/j.enmm.2016.01.002

[3] Saiful, I., Belal, H., Matin, A. Shafiqul, S., I., (2018). Assessment of heavy metal pollution, distribution and source apportionment in the sediment from Feni River estuary, Bangladesh, Chemosp., 202, 25–32. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.077

[4] Kang, M., Tian, Y., Peng, S., Wang, M. (2019). *Effect of dissolved oxygen and nutrient levels on heavy metal contents and fractions in river surface sediments*, *Sci. Total Env*iron., 648, 861–870. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.201

[5] Duodu, G. O., Goonetilleke, A., Ayoko, G. A. (2016). Comparison of pollution indices for the assessment of heavy metal in Brisbane River sediment, Environ. Pollut., 219, 1077–1091, 2016. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.09.008

[6] Chen Y. (2018). Long-term and high-concentration heavy metal contamination strongly influences the microbiome and functional genes in Yellow River sediments, Sci. Total Environ., 637, 1400–1412. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.109

[7] Cobb, G., Sands, K., Waters, M., Wixson, M., y Dorward, K. E. (2000). Accumulation of heavy metals by vegetables grown in mine wastes. *Environ. Toxicol. Chem, 19*:600-607. Doi:10.1002/etc.5620190311. https://doi.org/10.1002/etc.5620190311

[8] Negroni, M. (2009). *Microbiología Estomatológica. Fundamentos y guía práctica* (Segunda ed.) México: Editorial Medica Panamericana.

[9] Rascio, N. y Navari I.F. (2011). Heavy metal hyperaccumulating plants: How an why do they do it? And what makes them so interesting? *Plant Sci. 180*:169-181. Doi10.1016/j.plantsci.2010.08.16. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.08.016

[10] Tchounwou, P. B. Yedjou, C. G., Patlolla A. K. y Sutton D. J.

(2012). *Heavy metal toxicity and the environmental toxicology*. *3*: 133-164. doi:10.1007/978-3-7643-8340-4_6. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6

[11] Wang, X; Chen J; Yan X; Zhang J; Huang J; Zhao J. (2015). *Heavy metal chemical extraction from industrial and municipal mixed sludge by ultrasound- assisted citric acid* J. of Industrial and Engineering Chemistry. *27*:368-372. doi: 10.1016/j.jiec.2015.01.016. https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.01.016

[12] Bonanno G; Borg J.A.; Di Martino V. (2017). Levels of heavy metals in wetland and marine vascular plants and their biomonitiring potential: *A comparative asseeement. Sc. of the Total Env.* 576:796-806. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.10.171. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.171

[13] Chata (2015). *Presencia de metales pesados (Hg, As, Pb, Cd) en agua y leche en la cuenca del rio Coata. Puno*. Universidad Nacional del Altiplano Puno.

[14] Chiang (1989). *Niveles de los metales pesados en organismos, agua y sedimentos marinos recolectados en la V Región de Chile*. Memorias del Simposio Internacional sobre los recursos vivos, Santiago.

[15] Rodríguez, D., Córdova, V., Pérez, O. (2015). *Educación Ambiental Vs. Baja Percepción Acerca De La Contaminación Por Metales Pesados En Comunidades Costeras*. Environ. Educ. Versus Low Percept. Coast. Communities Heavy Met. Contam., *1*, 13–28.

[16] José-Bracho, G., Cuador-Gil, J. Q. Rodríguez-Fernández, R. M. (2016). *Calidad del agua y sedimento en el lago de Maracaibo, estado Zulia*, Minería y Geol., 32(1)

[17] Laino Guanes, R.M. (2015). *Concentración de metales en agua y sedimentos de la cuenca alta del río Grijalva*, *frontera*, *6*(1), 61-74.

[18] Moronta-Riera, J. L., Riverón-Zaldivar A.B. (2016). *Evaluación de la calidad físico-química de las aguas y sedimentos en la costa oriental del lago de Maracaibo.*, Minería Geol., *32*(2), 102–111.

[19] Quintero Rendón, L.A., Agudelo, E.A., Quintana Hernández, Y.A., Cardona Gallo, S.A., Osorio Arias, A.F. (2010). *Determinación de indicadores para la calidad de agua, sedimentos y suelos, marinos y costeros en puertos colombianos*, Gestión y Ambiente., *13*(3), 51–64.

[20] J. Mesa, E. Mateos-Naranjo, M.A. Caviedes, S. Redondo-Gomez, E. Pajuelo, I.D. Rodriguez-Llorente (2015). *Scouting contaminated estuaries: heavy metal resistant and plant growth-promoting rhizobacteria in the native metal rhizoaccumulator Spartina maritima.* Mar. Pollut. Bull., pp. 150-159 https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.11.002

[21] Chopra, A.K., Sharma, M.K., Chamoli, S. (2011). *Bioaccumulation of organochlorine pesticides in aquatic system-an overview*, Environ. Monit. Assess., 173

[22] Pandey, M., Pandey, A.K., Mishra, A., Tripathi, B.D. (2014). *Assessment of metal bioaccumulation in Clarias batrachus and exposure evaluation in human*, Proc. Int. Acad. Ecol. Environ. Sci., 4(4), 176–184.

[23] Sarah, R., Tabassum, B., Idrees, N., Hashem, A., Fathi, E. (2019). *Bioaccumulation of heavy metals in Channa punctatus (Bloch) in river Ramganga (U.P.), India, Saudi* J. Biol. Sci., 15(20), 1-6. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.02.009

[24] Zhang, Z., Wan, H., Ding, M., Wang, P., Xu, X., Jiang, Y. (2018). *Inherent bacterial community response to multiple heavy metals in sediment from river-lake systems in the Poyang Lake, China*, Ecotoxicol. Environ. Saf., 165(99) 314-324. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.09.010

[25] Ansah, K.E.E., Nkrumah, D., Nti, S.O., Opoku, F. (2019). *Adsorption of heavy metals (Cu, Mn, Fe and Ni) from surface water using Oreochromis niloticus scales.*, Pollution, 5(1), 115–122.

[26] Mora, A.M. Jumbo Flores, D., González Merizalde, M., Bermeo

C&T Riqchary
Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología
ISSN: 2810-8124 (en línea) / ISSN: 2706-543x

Vol. 4 Núm. 1 (2022)
Publicado:05/11/22
DOI: https://doi.org/10.57166/riqchary/v4.n1.2022.84

Contaminantes Agrícolas en la Producción de Maíz *Zea mays* L. variedad choclera en Curahuasi Apurímac, Perú

Agricultural contaminants in the production of *Corn Zea mays L.* choclero variety in Curahuasi Apurímac, Peru

Juan S. Barreto_Carbajal[A], Doris Bustinza_Saldivar [B], Celinda Alvarez_Arias [C], Aydeé Kari_Ferro[D], Rosa Huaraca_Aparco[E], Niki F, Flores_Pacheco[F], Nora G. Echegaray_Peña[G]

0000-0001-5968-8020[A], 0000-0002-0503-9911[B] y 0000-0003-1585-4001[C], 0000-0001-7598-7450[D] ,0000-0003-4493-7754 [E] ,0000-0002-2772-0951[F] y 0000-0001-8664-1535[G]

(Recepción: 15/08/2022 y aceptacion 10/11/2022)

Resumen— El objetivo de la investigacion fue describir el uso de contaminates en el cultivo del Maíz *Zea mays* L . El estudio se realizo en el distrito de Curahuasi, Provincia Abancay Apurímac Perú. El tipo de estudio fue cuantitativo con un nivel explicativo. Se evaluó el transecto Concacha-Curahuasi, se aplicó el muestreo probabilístico aleatorio simple en una población total de 345 familias de las comunidades y asociaciones de productores, la muestra fue el 20% de agricultores. El trabajo de campo se realizó en octubre del 2018. Los resultados logrados demostraron que el 92,16 % de agricultores utilizan insecticidas indiscriminadamente para el control de las plagas mencionadas, el 94,1 % consideran que el choclo, el agua y el suelo están contaminados. No hacen ningún tratamiento para la disposición final de los envases vacíos. En conclusión, en la producción del maíz choclero, en Curahuasi, utilizan agroquímicos que contaminan las cosechas y el medio ambiente.

Palabra clave: agroquímicos, agua, alimentos, contaminación, suelos.

Abstract— The objective of the research was to describe the use of pollutants in the cultivation of Maize Zea mays L. The study was carried out in the district of Curahuasi, Abancay Apurímac Province, Peru. The type of study was quantitative with an explanatory level. The Concacha-Curahuasi transect was evaluated, simple random probabilistic sampling was applied in a total population of 345 families from the communities and producer associations, the sample was 20% of farmers. The field work was carried out in October 2018. The results achieved showed that 92.16% of farmers use insecticides indiscriminately to control the aforementioned pests, 94.1% consider that corn, water and soil are contaminated. They do not do any treatment for the final disposal of empty containers. In conclusion, in the production of choclero corn, in Curahuasi, they use agrochemicals that contaminate the crops and the environment.

Keyword: agrochemicals, water, foods, pollution, floors.

A. Juan S. Barreto_Carbajal, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, jbarreto@unamba.edu.pe
B. Doris Bustinza_Saldívar Universidad Nacional José María Arguedas, dbustinza@unajma.edu.pe
C. Celinda Alvarez_Arias, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, calvarez@unamba.edu.pe
D. Aydeé Kari_Ferro, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, akari@unamba.edu.pe
E. Rosa Huaraca_Aparco, Universidad Nacional José María Arguedas rhuaraca@unajma.edu.pe
F. Niki F- Flores_Pacheco, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, nflores@unamba.edu.pe
G. Nora G. Echegaray_Peña, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, nechegaray@unamba.edu.pe

1 INTRODUCCIÓN

El uso indiscriminado de agroquímicos en la producción agrícola, es un tema mundial que muchos gobiernos de los países en desarrollo no le dan la importancia necesaria. Algunos países desarrollados importadores de alimentos exigen controles sanitarios y toxicológicos antes de que los productos naturales y procesados lleguen a las cadenas de sus tiendas distribuidoras. Pero en Apurímac y otras regiones, no hay controles de toxicidad en la producción agropecuaria, ¿será que solo los extranjeros deben cuidar su salud y qué sucede con los consumidores de nuestra patria? El incremento de la temperatura ambiental, favoreció al maíz choclero y otros productos, los distritos de Cachora, Huanipaca, Lambrama de la provincia de Abancay, Mollepata y Limatambo de la provincia Anta Región Cusco, desarrollan este cultivo, acompañados por diversas plagas y enfermedades resistentes y otras nuevas, consiguientemente hay mayor uso irresponsable de pesticidas contaminantes del medio ambiente y de los alimentos. Las municipalidades provinciales no se preocupan por la calidad de los alimentos para sus poblaciones, se comercializan productos alimenticios diversos sin ningún control, no hay presencia ni participación de instituciones quienes deben velar por calidad de los alimentos.

El objetivo primigenio, fue identificar y cuantificar los contaminantes de alimentos y del medio ambiente en Curahuasi Apurímac. En las décadas del 1970 al 2018, los agricultores del mencionado distrito, ofrecían el choclo como producto exclusivo abasteciendo a los mercados locales, regionales en los meses de noviembre a marzo, pero desde 2018 y este año, encontramos choclos en los mercados todas las semanas, debido a que los agricultores de otros distritos, siembran y cosechan todos los meses, pese a ello, hay demandas insatisfechas y con precios altos, pero el sistema de producción es netamente convencional (uso de fertilizantes y pesticidas, hay testimonios de que aplican de 3 a 4 mochiladas de insecticidas). Con esta información, se aplicó encuestas a los agricultores del transecto ubicado en la Comunidad Campesina de Concacha con una altitud de 3,300 m.s.n.m. pasando por las comunidades Kekeray, San Luís, Trancapata, San Juan, bajando hacia el sector Lucmos y predios cercanos a la ciudad de Curahuasi ubicada en la altitud de 2750 m.s.n.m. Como resultado de las encuestas, se determinó que el 92,16 % de agricultores utilizan pesticidas con dosis mayores a las recomendadas para el control de los gusanos cortadores de la raíz Agrotis ípsilon Feltia experta, Copitarsia turbata, loritos Diabrotica decempunctata, Diabrotica sicuanica, Diabrotica viridula, Diabrotica spp gusanos mazorqueros o eloteros Helicoverpa zea (Boddie) denominado "utuscuru" y cogolleros Spodoptera frugiperda, Copitarsia turbata, denominados "sillwis", este último es cortador y actúa como cogollero en Curahuasi.

Saavedra, G. (1) considera al maíz con mayor contenido en vitamina B1 o tiamina. Esta vitamina es necesaria para que el organismo pueda transformar los alimentos en energía y que el cerebro pueda absorber glucosa, necesaria para su buen funcionamiento. Una falta de esta vitamina producirá en las personas: síntomas de depresión, cansancio, estrés, falta de vigor o poca capacidad mental (FAO, 1993). Saavedra, G. (2014) con los datos de la FAO (1993) indica que el choclo, posee un muy buen contenido en vitamina B7 o biotina (necesaria, entre otras funciones, para la absorción de las proteínas y para la buena salud del cabello y de la piel), niacina (mejora la circulación y reduce la hipertensión) y el ácido fólico o vitamina B9 ejerce un papel primordial en la prevención de los ataques cardíacos, en el tratamiento de la depresión y en la formación del feto donde ayuda a prevenir los casos de espina bífida. Dentro del complejo de la vitamina B, es necesario considerar la importancia del inositol, un componente que mejora el funcionamiento del hígado al participar en la formación de la lecitina. En cuanto a los minerales, posee porcentajes bastante elevados de potasio, magnesio, hierro, fósforo y zinc. Es especialmente rico en manganeso, que ayuda al crecimiento de los huesos y a la formación de los músculos; selenio, cuyos niveles elevados ayudan a prevenir el cáncer de mama, el cáncer de próstata o de pulmones y previene la aparición de la caspa; zinc, un mineral que ayuda a la formación de los huesos y de los dientes, a la salud del sistema inmunitario así como al incremento de la potencia y el deseo sexual (FAO, 1993).

En el Plan Nacional de Cultivos 2018-2019, (2020, pp. 179-194) documento oficial del Perú, los maíces amiláceos constituyen un gran legado de nuestros antepasados, ya que fue la base de la alimentación de los pobladores pre incas e incas. En el Perú, según destacados investigadores se tiene entre 51 y 55 razas de maíces; de las cuales 28 razas se encuentran en la sierra. El consumo per cápita en los últimos 40 años mostró un crecimiento acumulado de 70 %, pasando de 7,2 kg/hab., en 1965 a 12,3 kg/hab., en el año 2017. El maíz choclo es un alimento rico en carbohidratos y fibra, y es altamente energético. El rendimiento promedio nacional creció a una tasa de 1,6% por año, pasando de 8 127 a 9 715 kg/ha en el 2017. En Apurímac el rendimiento promedio en el 2016 fue de 7,625 kg. y en 2017 llegó a 12,034 kg, este incremento fue favorecido por las condiciones climáticas.

Guerrero P. A. M. (2) trabajó con grupos de agricultores de Trujillo Perú, concluyó que existe un uso indiscriminado de los plaguicidas en 90% en el sector El Tanque, 85% en el sector Chaquín Alto y 83% en el sector Cobranza, constituyendo un peligro latente para la salud. Se determinó que el 50% de pobladores no utilizaron ningún equipo básico de seguridad. Asimismo, se encontró una acumulación de envases contaminados en las parcelas agrícolas y falta de respuesta para su manejo y disposición final.

Guerrero P. A.M. (2), señala referente al uso de los plaguicidas y la exposición crónica a éstos suele ser de carácter no intencional y es considerada un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas.

Asimismo, según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud cada año entre 500 000 y 1 millón de personas se intoxican con plaguicidas y entre 5 000 y 20 000 mueren. Al menos la mitad de los intoxicados y el 75% de los que fallecen son trabajadores agrícolas, el resto se debe a envenenamientos por consumo de alimentos contaminados.

Benites-Leite et al., (3); Yucra et al., (4), consideran que los efectos y síntomas de la intoxicación pueden ser agudos como vómitos, abortos, cefaleas, somnolencia, alteraciones en el comportamiento, convulsiones, coma e inclusive la muerte y están asociados a accidentes donde una dosis alta es suficiente para provocar alteraciones que se manifiestan tempranamente y también crónicas como el cáncer. De igual manera, se han consignado malformaciones congénitas, neuropatías periféricas y dolores vagos asociados a exposiciones repetidas,

Hernández H, B., Torres Aguilar H, Sánchez Cruz G, Reyes Velasco L, Zapién Martínez (5) mencionan que los campesinos en México, están expuestos a una diversidad de plaguicidas de diferentes clases químicas, (alta y ligeramente peligrosos) son los organofosforados, carbamatos, ditiocarbamatos, bipiridilos, fosfonatos y clorofenoxi.

Flores S. L., Pirro L. M., Vargas E. J. L., Marín G., M., Bollet R. F. (6), citan a la Pesticide Action Network International (PAN, 2007) identifica múltiples problemas asociados al sistema de producción. 1) Problemas de salud: Los agricultores, trabajadores del campo y sus familias, transeúntes y consumidores están expuestos a plaguicidas sintéticos peligrosos. 2) Problemas sociales y económicos: genera dependencia financiera para estos insumos. 3) Problemas ambientales: Hoy en día los plaguicidas se encuentran virtualmente en todos los hábitats naturales, incluyendo aquellos donde nunca se han aplicado. Tienen graves efectos negativos en la flora y la fauna, la biodiversidad, el agua, los recursos, el funcionamiento de los ecosistemas y el equilibrio de los sistemas agrícolas.

Del Puerto R.A.; Suárez T., S.; Palacio E., D. (7), clasifica los plaguicidas: 1) Toxicidad oral aguda: se refiere a la ingestión "de una sola vez" de un plaguicida, que causa efectos tóxicos en un ser vivo. 2) Toxicidad dérmica: se refiere a los riesgos tóxicos por contacto y absorción del plaguicida por la piel, con mayor riesgo para el manipulador que para el resto de la población. 3) Toxicidad por inhalación: se produce al respirar una atmósfera contaminada por el plaguicida, como ocurre con los fumigantes, o cuando un ser vivo está inmerso en una atmósfera cargada de un polvo insecticida o en pulverizaciones finas (nebulización, rociamiento o atomización). 4) Toxicidad crónica: se refiere a la utilización de dietas alimenticias preparadas con dosis variadas del producto tóxico, para investigar los niveles de riesgo del plaguicida, mediante su administración repetida a lo largo del tiempo. Las alteraciones son: problemas reproductivos, cáncer, trastornos del sistema neurológico, efectos sobre el sistema inmunológico, alteraciones del sistema endocrino y suicidio.

2 METODOS

2.1 Lugar de investigación

La presente investigación se realizó en la campaña agrícola 2017-18. El diseño de esta investigación es explicativo, el tipo de estudio es descriptivo transversal, muestreo probabilístico aleatorio simple con una población total de 345 familias correspondiente a 6 comunidades y asociaciones de productores. En cada comunidad, se ha tomado muestras del 20% de las familias de agricultores, resultando la muestra en estudio 70 agricultores en el transecto Concacha – Curahuasi. El área muestreada corresponde a 81 Has manejadas del transecto indicado. Las encuestas como herramientas de investigación, fueron estructuradas en atención al uso de pesticidas y el conocimiento de los agricultores sobre las contaminaciones producidas en los choclos, el suelo y el agua. Las características edafoclimáticas productivas del distrito de Curahuasi: La temperatura media anual varía entre 7 °C y 10 °C, teniendo una máxima de 20 °C en el mes de febrero y una mínima de -1 °C a -15 °C en los meses de julio a agosto presentándose en las zonas más altas del distrito. La precipitación media anual para el ámbito de Curahuasi es de 541,1 mm con una variación media de 5,1 a 112,2 mm para los meses de julio y enero respectivamente. La humedad relativa tiene una variación mensual que fluctúa entre 65% en el mes de julio hasta 76 % en los meses de enero y marzo. La característica de los suelos en los distritos de la provincia es variada según la zona, por lo general en las zonas altas (entre los 2 800 y 3 500 msnm), la textura como la profundidad de los suelos es variable, pasando desde la arenosa hasta la arcillosa, mientras en las zonas medias (2 000 y 2 800 msnm). Los datos mencionados el Ministerio de Agricultura y Riego, en la Encuesta Nacional de las Intenciones de Siembra 2018, para las próximas campañas, considera a nivel nacional las siembras del maíz choclo serían de 50 620 hectáreas, incrementando en 6 165 hectáreas (13,9%) respecto a lo sembrado en la campaña agrícola 2017-2018. Asimismo, comparado con el promedio de las siembras de las 5 últimas campañas aumentó 11,4% (5,197 ha más). Las Regiones que incrementarían sus intenciones de siembra son: Ancash 904 ha (21,8%), Cajamarca será mayor en 890 ha (11,0%), Apurímac 1 325 ha (70,1%), Amazonas 1 160 ha (132,9%), Lambayeque 776 ha (30,7%), Arequipa 539 ha (34,3%) y Ayacucho 335 ha (16,7%), debido a los mejores precios pagados y mercado principalmente de Lima. En la información precedente apreciamos el incremento de las áreas de cultivo de maíz choclo, Apurímac ocupa un 2do lugar.

2.2 Análisis estadístico

Se utilizaron el análisis de varianza de una vía (ANOVA) y la prueba de rangos múltiples de Tukey al 95% de confianza; todos los resultados se midieron tres veces.

3 Resultados

Curahuasi tradicionalmente desarrolla la agricultura intensiva, cuenta con las condiciones edafo-climáticas favorables para sus principales cultivos son el anís, frijoles y maíz choclo, además cuentan con sistemas de riegos tecnificados y vías de transporte hacia los mercados nacionales.

De las 70 familias agricultoras encuestadas, el 92,16 % utilizan insecticidas para el control de los gusanos cortadores de la raíz *Agrotis ípsilon Feltia experta, Copitarsia turbata*, loritos *Diabrotica decempunctata, Diabrotica sicuanica, Diabrotica viridula, Diabrotica spp* gusanos mazorqueros o eloteros *Helicoverpa zea* (Boddie) denominado *"utuscuru" y* cogolleros *Spodoptera frugiperda, Copitarsia turbata*, denominados "sillwis".

El 94,1 % consideran que el choclo está contaminado, el 84,6 % de los agricultores consideran que los pesticidas contaminan el agua y el suelo, asimismo manifestaron que aplican entre 3 a 4 mochiladas en la campaña del cultivo. El 65,5 % de agricultores utilizan equipos deficientes de protección personal, asimismo los envases vacíos no tienen ningún tratamiento, botan hacia los bordes de los predios y canales de riego. Los insecticidas utilizados pertenecen a los siguientes grupos: oxamil, metomil, metamidofos, clorpirifos y carbofuran, herbicidas como paraquat, glifosato, fueron adquiridos en diversas agroveterinarias de las ciudades de Curahuasi y Abancay. Los entrevistados en su totalidad manifestaron que no cuentan con asistencia técnica profesional del sector estatal ni de las empresas privadas. En cuanto al destino de las cosechas, el 87,6 % de la producción se destina a los mercados de Abancay, Cusco, Lima y otras ciudades. Finalmente, un 12,4 % del volumen de producción se destinados a la alimentación familiar y los agricultores quienes radican en las cercanías de la carretera Abancay Cusco, venden como choclo cocido en los diferentes paraderos del tramo Concacha y Curahuasi.

Discusión

La investigación aplicada en un transecto de las comunidades de Concacha, San Luis, Kekeray, Trancapata, San Juan y Lucmos, y Curahuasi, tiene el 92,16 % de agricultores quienes utilizan insecticidas para el control de los gusanos cortadores de la raíz *Agrotis ípsilon, Feltia experta, Copitarsia turbata*, loritos *Diabrotica decempunctata, Diabrotica sicuanica, Diabrotica viridula, Diabrotica spp*., gusanos mazorqueros o eloteros *Helicoverpa zea* (Boddie) denominado *"utuscuru" y* los cogolleros *Spodoptera frugiperda, Copitarsia turbata*, denominados "sillwis". El 94,1 % consideran que el choclo está contaminado, se desconoce el grado de toxicidad, el 84,6 % de los agricultores consideran que los pesticidas contaminan el agua y el suelo. El 65,5 % de agricultores no utilizan equipos apropiados de protección personal durante la aplicación de los pesticidas. Los insecticidas utilizados pertenecen a los siguientes grupos: oxamil, metomil, paraquat, metamidofos, glifosato, clorpirifos y carbofuran, adquiridos en diversas agroveterinarias de las ciudades de Curahuasi y Abancay. Los resultados del uso de pesticidas en parte son parecidos a los resultados logrado en Trujillo Perú, Guerrero P. A. M. (2) obtuvo datos cercanos en tres grupos de agricultores, concluyó el uso indiscriminado de los plaguicidas en 90% en el sector El Tanque, 85% en el sector Chaquín Alto y 83% en el sector Cobranza, constituyendo un peligro latente para la salud. Se determinó que el 50% de pobladores no utilizaron ningún equipo básico de seguridad.

La posible dificultad para posteriores investigaciones, es la ausencia de organizaciones respecto al sistema de producción agropecuaria en las comunidades, hay ausencia de entidades que deben realizar control de los residuos tóxicos en el choclo y otros productos agrícolas que se comercializan en los mercados nacionales; se sugiere realizar investigaciones más precisas sobre los niveles o grados de toxicidad de las cosechas, agua, suelos, con participación de los productores, universidades, autoridades locales y sectoriales.

4 Conclusiones

En la producción del maíz choclero *Zea mays* L. variedad amiláceo, en el distrito de Curahuasi, los agricultores de la comunidades y sectores como Concacha, Kekeray, San Luis, Trancapata, San Juan y Lucmos, para el control de las plagas, utilizan insecticidas peligrosos, existe exposición de los agricultores y sus familias a los pesticidas, asimismo las cosechas sin ningún control de toxicidad se comercializan en los mercados de Abancay, Cusco, Lima y otros, los consumidores desconocen los riesgos del consumo de choclos.

5 Agradecimientos

Los autores agradecen a los agricultores de las comunidades y sectores productores de maíz choclero en el distrito de Curahuasi. Asimismo, agradecemos a los estudiantes de Ingeniería Ambiental de la UAP Filial Abancay.

REFERENCIAS

[1] Saavedra, G. 2014. El Cultivo de Maíz Choclero y Dulce. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín Nº 303. 146p. ISSN 0717 – 4829. Disponible en: http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/ boletines/NR40102.pdf.

[2] Guerrero P. (2018) Manejo de plaguicidas en cultivos de Zea mays L. "maíz" (Poaceae), Brassica cretica Lam. "brócoli" (Brassicaceae), Apium graveolens L. "apio", Coriandrum sativum L."cilantro" (Apiaceae), Allium fistulosum L. "cebolla china" (Amaryllidaceae) en la campiña de Moche, Trujillo, Perú Arnaldoa 25 (1): 159 - 178, 2018. Disponible en: http://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25110

[3] Benítez-Leite S1 , Macchi1 ML, Acosta M. 2007. Malformaciones congénitas asociadas a agrotóxicos. Artículo original Pediatr. (Asunción), Vol. 34; Nº 2; 2007. Disponible en: http://scielo.iics.una.py/pdf/ped/v34n2/v34 n2a02.pdf

[4] Yucra Sandra, Gasco M., Rubio G., Gonzales F.,2008. Exposición ocupacional a plomo y pesticidas órganofosforados: efecto sobre la salud reproductiva masculina. Rev Perú Med Exp Salud Publica. 2008; 25(4): 394 394-402. Artículo en revisión. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v25n4/a09v25 n4

[5] Hernández H. B., Torres A. H., Sánchez C., G, Reyes V. L., Zapién M. A. 2019. Uso de plaguicidas en el cultivo de maíz en zonas rurales del Estado de Oaxaca, México. Rev. salud ambient. 2019; 19(1):23-31. Disponible en: file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/92 6-4663-1-PB.pdf

[6] Flores S. L., Pirro L. M. M., Vargas E. L. Marín G. M., Bollet R.F. 2018. Efecto residual de insecticidas en granos de maíz amarillo (Zea mayz l.) en diferentes estados de madurez procedente de cultivos de suelos de restinga, Ucayali 2014. articulo original. Disponible en. file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/79Texto%20del%20art%C3%ADculo-3451-10-20180820.pdf

[7] Del Puerto R., A. M.; Suárez T., S.; Palacio E., D. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, vol. 52, núm. 3, septiembre-diciembre, 2014, pp. 372-387 Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología Ciudad de La Habana. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/2232/223240764010.pdf

[8] Ministerio de Agricultura y Riego Encuesta Nacional de Intenciones de Siembras 2018. Disponible en: http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/defa ult/files/resumen-ejecutivo-enis2018rev18jul18.pdf

[9] Ministerio de Agricultura Plan Nacional de Cultivos 2018-2019. Disponible en: https://www.agromoquegua.gob.pe/doc/PLAN_NACIONAL_DE_CULTIVOS_2018-2019.pdf

[10] Mostafalow S. Abdollahi M. (2013) Pesticides and human chronic diseases: evidences, mechanisms, and perspectives. Department of Toxicology and Pharmacology, Faculty of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences Research Center, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. PMID: 23402800. DOI: 10.1016/j.taap.2013.01.025, [Indexed for MEDLINE] https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23402800 and perspectives. Department of Toxicology and Pharmacology, Faculty of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences Research Center, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. PMID: 23402800. DOI: 10.1016/j.taap.2013.01.025,https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23402800

[11] Rojas, D.; Messina, V., M.; Sancho, A. M.; Pesquera, N.; Cristos, D. S.; 2014. Cuantificación de plaguicidas residuales en granos de maíz (Zea mays L.) aplicando técnicas de evaluación residual; Asociación Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos; Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de los Alimentos; 5; 1;1-2014;1-17. URI:http://hdl.handle.net/11336/30119. Disponible en: https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/30119

BIOGRAFÍAS

Juan Silver Barreto Carbajal. Natural de Grau Apurímac, Ingeniero Agrónomo, con 40 años de experiencia laboral en administración de empresas agropecuarias, créditos, agroecología e investigación, MSc en Administración Gerencia Educativa, Doctor en ciencia tecnología y medio ambiente, Docente Asociado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

Doris Bustinza Saldívar. nació en Lima, economista de profesión de la Universidad Particular Inca Garcilaso, trabajo en el Banco Industrial y Banco Agrario sucursales de Tingo María y Abancay, fue planificadora de la Universidad Tecnológica de los Andes, actualmente es magister en administración de la UNSAAC y docente asociada en la Universidad Nacional José María Arguedas de Andahuaylas.

Celinda Alvarez Arias. Ingeniero Agrónomo, Maestra en Gestión Pública; candidata a Doctora con mención en medio ambiente y desarrollo sostenible, Docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroecológica y Desarrollo Rural de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, con total compromiso y mesura en el desarrollo de actividades académicas y productivas.

Aydeé Kari Ferro. Docente Ordinario de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroecológica y Desarrollo Rural de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Ingeniero Agrónomo, Magister en Gestión

Pública, cargo ocupados: Coordinador de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroecológica y Desarrollo Rural, Miembro de la Comisión Permanente de Admisión.

Rosa Huaraca Aparco. Ingeniero Agro-industrial, Magister en economía mención en proyectos de inversión, Doctorado en medio ambiente y desarrollo sostenible. Directora de la Unidad de investigación UDI Ingeniería Agropecuaria, Veterinaria y Ambiental del Centro Internacional de Investigación y Desarrollo -CIID de Colombia, docente de la Universidad Nacional José María Arguedas, desarrollo de proyectos de investigación en aceites esenciales de plantas nativas, alimentación y medio ambiente

Niki Franklin Flores Pacheco Ingeniero Agrónomo egresado de la Universidad Tecnológica de los Andes, egresado de la escuela de Post Grado especialidad Economía Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina; docente ordinario de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, en los cursos de Seminario de Tesis y Metodología de Investigación, asesor de proyectos de investigación. Con conocimiento y experiencia en Gestión Pública; Desarrollo Rural y Planificación Participativa, Formulación y Evaluación de Proyectos Económicos y Sociales. Conocimiento y experiencia en trabajo con organizaciones de productores agropecuarios, manejo de técnicas de capacitación y extensión agropecuaria, con énfasis en Andragogia (capacitación para adultos) y uso de metodologías de Campesino a Campesino; Saber Haciendo e Investigación Acción.

Nora Gladys Echegaray Peña. Ingeniero Electrónico, cursados en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Con Segunda Especialidad en Formación Magisterial cursados en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Actualmente docente Auxiliar Ordinario de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Directora de la Escuela profesional de Ingeniería Informática y Sistemas, Directora de la Dirección de calidad y Acreditación Universitaria, Presidenta de la Comisión Técnica de Licenciamiento, Miembro de la Asamblea Universitaria, Coordinadora General del Comité de Gestión Ambiental de la UNAMBA, Miembro del Consejo de Facultad de Ingeniería.

C&T Riqchary
Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología
ISSN: 2810-8124 (en línea) / ISSN: 2706-543x

Vol. 4 Núm. 1 (2022)
Publicado:05/11/22
DOI: https://doi.org/10.57166/riqchary/v4.n1.2022.85

Métodos probabilísticos en discontinuidades para la estabilidad de los túneles y semitúneles viales de Karkatera-Abancay

Probabilistic methods in discontinuities for the stability of road tunnels and half-tunnels of Karkatera-Abancay

José A. Cárdenas_Catalán[A], Celinda Alvarez_Arias[B], Aydeé Kari_Ferro[C], Nora G. Echegaray_Peña[D] , Rosa Huaraca_ Aparcol[E] y Niki F. Flores_Pacheco[F]

0000-0002-1155-0943[A], 0000-0003-1585-4001[B], 0000-0001-7598-7450[C] y 0000-0001-8664-1535[D] 0000-0003-4493-7754 [E] 0000-0002-2772-0951[F]

(Recepción: 3/10/2022 y aceptacion 10/11/2022)

Resumen— Durante décadas, las estructuras en roca fueron diseñadas en base a métodos empíricos, basados en la experiencia profesional, se tendía a sobrestimar los sistemas de soporte con el consiguiente incremento de costos, sin dar interés a la resistencia intrínseca de la roca y se aplicaba a casos similares. El desarrollo del estudio de la Mecánica de Rocas ha alcanzado niveles altos que han contribuido a solucionar problemas complejos en macizos rocosos de variadas condiciones geomecánicas, permitiendo construir obras amplias en macizos de resistencia baja como túneles subterráneos de gran longitud, construcciones subterráneas, despensas de alimentos, refugios subterráneos entre otros, para aprovechar el espacio subterráneo, especialmente en países de alta densidad poblacional. El objetivo en los Túneles Viales es de buscar el sostenimiento adecuado para su estabilidad, mediante un estudio probabilístico. En la excavación de los túneles de Karkatera, el uso de explosivos dosificados permitió realizar las obras en corto tiempo, se trató de provocar el menor daño a los macizos rocosos del entorno con cortes regulares y controlados que redujeron la necesidad de refuerzos, pero aun así el macizo rocoso posee su comportamiento gobernado por las discontinuidades caracterizadas por condiciones como la orientación, persistencia, espaciamiento, rugosidad, etc. que definen el grado de fracturamiento del macizo rocoso y su resistencia al corte. La presente investigación estudió los parámetros geométricos de las familias de discontinuidades haciendo uso de métodos probabilísticos para evaluar la probabilidad de ruptura de las estructuras en estas obras civiles con resultados positivos, el cual permita proponer métodos de estabilización adecuados.

Palabras clave: estabilidad, geometría de discontinuidades, método probabilístico, resistencia al corte

Abstract— For decades, rock structures were designed based on empirical methods, based on professional experience, support systems tended to be overestimated with the consequent increase in costs, without giving interest to the intrinsic resistance of the rock and applied to Similar cases. The development of the study of Rock Mechanics has reached high levels that have contributed to solving complex problems in rock masses of varied geomechanical conditions, allowing the construction of extensive works in low resistance massifs such as long underground tunnels, underground constructions, food pantries. , underground shelters among others, to take advantage of underground space, especially in countries with high population density. The objective in the Road Tunnels is to seek adequate support for their stability, through a probabilistic study. In the excavation of the Karkatera tunnels, the use of dosed explosives allowed the works to be carried out in a short time, an attempt was made to cause the least damage to the surrounding rock masses with regular and controlled cuts that reduced the need for reinforcements, but even so The rock mass has its behavior governed by discontinuities characterized by conditions such as orientation, persistence, spacing, roughness, etc. that define the degree of fracturing of the rock mass and its resistance to cutting. The present investigation studied the geometric parameters of the families of discontinuities using probabilistic methods to evaluate the probability of rupture of the structures in these civil works with positive results, which allows proposing adequate stabilization methods.

Keywords: stability, stability geometry, probabilistic method, shear strength.

A. *José A. Cárdenas_Catalán, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, jcatalano@unamba.edu.pe*
B. *Celinda Alvarez_Arias, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, calvarez@unamba.edu.pe*
C. *Aydeé Kari_Ferro, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, akari@unamba.edu.pe*
D. *Nora G. Echegaray_Peña, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, nechegaray@unamba.edu.pe*
E. *Rosa Huaraca_Aparco, Universidad Nacional José María Arguedas rhuaraca@unajma.edu.pe*
F. *Niki F- Flores_Pacheco, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, nflores@unamba.edu.pe*

1 Introducción

Este trabajo tiene como objetivo principal garantizar un adecuado sostenimiento, previo un estudio geomecánico o de base en una clasificación geomecánica RMR de Bieniawski, Q de Barton, RQD, Deere, pruebas hechas en laboratorio como las propiedades físicas y mecánicas, y caracterización del macizo rocoso, considerando la geología local del área; se busca un determinado sostenimiento para los túneles viales Karkatera para corroborar con un estudio usando métodos probabilísticos aplicados a la geotecnia, así también el método de simulación Monte Carlo y el método FOSM. El método de estimación de puntos propuesto por Rosenblueth (1975), mediante datos medios y vectoriales, nos brinda un análisis de confiabilidad y rotura de lo planteado en el sostenimiento.
Según [1] Los problemas de inestabilidad en laderas rocosas y cavidades se rigen directamente por las características de las familias de discontinuidades, que son revisadas por la geotécnica de pendiente. [2] las superficies inalteradas de las paredes de una discontinuidad tienen una resistencia similar a la roca intacta, de tal manera que la resistencia a la compresión de las paredes de la discontinuidad (JCS) se puede obtener directamente por medio de ensayo de compresión realizadas a los bloques de roca que conforman las paredes. También señalan que, en función del espesor del material de relleno, puede alterar por completo o controlar la resistencia al corte y la conductividad hidráulica de la discontinuidad. Según [3], la rugosidad de la discontinuidad afecta a la resistencia al corte, que está representado por CCI (coeficiente de rugosidad de la discontinuidad) presente en la resistencia de la ecuación de discontinuidad, que muestra que el ángulo de discontinuidad pico de fricción es directamente proporcional a este parámetro, y, por lo tanto, el grado de rugosidad, de acuerdo con [4]. En la mecánica de rocas, la proyección estereográfica se aplica a la caracterización de las orientaciones de las discontinuidades del macizo rocoso y sirve para el análisis de estabilidad de taludes y obras subterráneas. [5] es ampliamente aceptado y ha sido aplicado en un gran número de proyectos a nivel mundial, Assís (2001), el criterio de Mohr-Coulomb se aplica por lo general a los suelos, algunos tipos de roca intacta y y discontinuidades planas y lisas, o aquellas controladas por el relleno.
El estudio de estas tensiones no es parte de los objetivos de esta investigación. Sin embargo, para una mejor comprensión de esta área de estudio, es de importancia fundamental conocer para sugerir la forma de excavaciones subterráneas, tal como [6] señala.
[7], en sus trabajos de construcción de túneles para dimensionamiento de soportes, no introdujo su metodología como una clasificación, pero estableció criterios de parámetros geológicos, grado de fracturamiento del macizo, parámetros asociados a las características dimensionales de la excavación subterránea y su posición con relación al nivel de agua. Cecil (1970), sostiene que, si se considera la metodología de Terzaghi como una clasificación, ésta es muy general para permitir una evaluación objetiva de la calidad de la roca y no proporciona información cuantitativa sobre las propiedades de los macizos rocosos. Sin embargo, su metodología ha contribuido notablemente para los proyectistas de túneles, en las décadas pasadas, con criterios para la ejecución de proyectos. La Clasificación y valoración de los parámetros individuales del índice Q Barton y Grimstad presentados en el anexo y además de las observaciones complementarias hechas por [8], [9], El ajuste propuesto consiste, en la modificación del valor original del parámetro RQD en cierto porcentaje por llevar en cuenta la influencia de la meteorización, tensiones "in situ" e inducidas, influencia de la orientación del rumbo y buzamiento en la excavación y efectos de la voladura. Peck en 1969 propuso una metodología, conocida como Método Observacional, que preveía ajustes en el proyecto, durante su ejecución, de acuerdo con cambios de su comportamiento. geotécnicas [10]. De esta forma, para Asís et al., (2001), los métodos estadísticos y probabilísticos aparecen como una alternativa sistemática de incorporar la variabilidad de cargas y parámetros en el proyecto y luego calcular el riesgo de ruptura o la confiabilidad de estas estructuras.

Para Levine et al., (1998), la mayoría de los datos presentan una tendencia diferente agrupar o concentrar alrededor de un punto central. De esta forma, para un conjunto de datos En particular, generalmente se hace posible seleccionar un valor típico o medio para describir todo el conjunto. Harr (1987) Tal valor descrito típico es una medida de localización o tendencia central. A continuación, se presentarán tres tipos de promedios generalmente utilizados como medida de tendencia central, que son: la media aritmética, la mediana y la moda. [11] Este trabajo implicó simulaciones directas de problemas probabilísticos, con el propósito de estudiar la difusión aleatoria de neutrones en material inestable.

De acuerdo con [12] fue utilizado inicialmente en proyectos de la industria del acero, donde se trabajó con el valor medio y la desviación estándar para la resistencia X y la carga Y, El truncamiento de la función de expansión de la serie de Taylor forma la base de estos métodos, [13], se observa que esta distribución puede asumir diferentes formas, como se ve en el trazado de las distribuciones. Según [14], realizó una amplia revisión bibliográfica y comparativa de los modelos elásticos que consideran la no linealidad del comportamiento tensión-deformación de la roca intacta. [15] consideran al soporte como uno de

los "ítems" más importantes en una excavación subterránea, en la tesis enfoca los aspectos teóricos y técnicos del sistema de soporte con pernos de anclaje. [16] desarrolló un modelo probabilístico tridimensional para la previsión de la distribución de discontinuidades en el interior del macizo rocoso fracturado. Se aplicó herramientas estadísticas y probabilísticas en el estudio del comportamiento del macizo rocoso para sus discontinuidades, las que pueden ser caracterizadas por condiciones como: número de familias, la orientación, la persistencia, el espaciamiento, la rugosidad de las paredes, el relleno, etc.

[17] recomienda: dentro de la metodología planteada para la aplicación de la geomecánica al minado subterráneo, la preparación de la información básica juega un rol importante. Castresana (2016) concluye que, para un mejor análisis de sostenimiento y un mejor acercamiento a la realizada, en grandes obras como las analizadas en el presente trabajo, se debe realizar un análisis geológico más detallado. A su vez Burgos (2015) recomienda: Ante las limitaciones de los softwares actuales de modelamiento numérico en el análisis de pernos de roca, conviene plantear una nueva formulación que se adapte a los requerimientos básicos del diseño de este tipo de elementos. Corimanya (2003) recomienda: La utilización de "softwares" especializados en Mecánica de Rocas y en Perforación Voladura de Rocas son de suma importancia, ya que agiliza cálculos tediosos y complicados para el análisis de estabilidad del macizo rocoso y análisis de mallas de perforación y disparos. Rodriguez (2003) La valoración del macizo rocoso mediante los índices RMR lo consideran de calidad "media" tipo III, si bien el índice Q lo enmarca dentro del tipo "malo" como También [17], Dado a la variabilidad de los resultados de los valores de RMR o SMR entre las diferentes familias de discontinuidades que se pueden encontrar en una zona; para la elaboración de un mapa de susceptibilidad, es recomendable utilizar los valores mínimos, es decir los valores críticos [18] a su vez [19] recomienda: La metodología utilizada para el modelamiento numérico utilizando la desratización del modelo de dilución, probó representar de buena forma la evidencia empírica, [20].
Determinar la influencia de las discontinuidades presentes en el macizo rocoso de los túneles y semitúneles de Karkatera, para prever el comportamiento geotécnico del macizo en las obras civiles excavadas.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

En la presente investigación se empleó métodos descriptivos y experimentales en algunos casos para lo cual es el estudio "Determinación por métodos probabilísticos en discontinuidades para la estabilidad de los túneles y semitúneles viales de Karkatera- Abancay, Apurímac" y así determinar una buena estabilidad en los túneles, que servirá como información para otro tipo de trabajos similares en esta región que no se aplican en este tipo de trabajos.

Los Túneles se encuentran entre las comunidades de Karkatera y Occopata, distrito de Abancay, provincia Abancay, departamento Apurímac; a una distancia de 25, 6 km. en dirección NW desde la ciudad de Abancay. La vía que une hacia los túneles es carretera afirmada, a una altitud promedio de 3010 msnm, enmarcada entre las coordenadas UTM: N = 8 494 832 y E = 718 827. Los trabajos realizados comprendieron la ejecución de investigación de campo, trabajos en laboratorio y labores en gabinete, utilizando todos los criterios definidos en el capítulo I de esta tesis.

En Campo: Se realizaron las siguientes Actividades: Revisión y análisis de información disponible.

Inspección general de la zona de estudio. Levantamiento topográfico de los túneles y área de influencia. Estudio y levantamientos geológicos- Geomorfológicos de las labores en estudio. Mapeos geotécnicos en las estructuras rocosas subterráneas. Determinación de dominios estructurales. Toma de muestras rocosas para la ejecución de ensayos de laboratorio de mecánica de rocas. Recopilación adicional (planos, Informes etc.) de interés para el estudio. Revisión bibliográfica de los métodos estadísticos con el fin de controlar mejor esta estadística de la herramienta. Los mecanismos de falla presentes en macizos rocosos también fueron revisados con el fin de definir que se estudió. Al mismo tiempo, se estudiaron modelos estadísticos de representación vectorial de las orientaciones de las discontinuidades con el fin de elegir la que es más simple y más fiable para calcular el buzamiento y Dip dirección media del medio. Al ejecutarse las excavaciones subterráneas en los túneles viales de Karkatera se alteró el estado natural de equilibrio tensional existente en el macizo rocoso generándose una redistribución de esfuerzos para retornar a su estado natural, en ese proceso se producen deformaciones en la roca circundante a la excavación, si la resistencia del macizo rocoso es menor que las deformaciones, este comienza a ceder hasta llegar a la ruptura. En todo el proceso está involucrado, las condiciones de las discontinuidades y el tamaño de la excavación.

El trabajo de investigación también, tiene como fin contribuir como aporte al desarrollo de la ingeniería de macizos rocosos dentro del ámbito de la región Apurímac y del país, en las Escuelas Académicas Profesionales de Ingeniería de Minas y Civil de nuestras universidades y como objetivo personal obtener el Grado Académico de Maestro en Geomecánica y Geotécnica de la Universidad

Nacional del Altiplano.

Descripción detallada por objetivos específicos

El objetivo final de esta tesis es comparar los resultados del análisis determinístico y probabilístico de la estabilidad de los túneles viales de Karkatera, debido a la variabilidad natural de los parámetros geométricos de las discontinuidades (por buzamiento y dirección de buzamiento) presente en el macizo rocoso.

Determinar la influencia de las discontinuidades presentes en el macizo rocoso de los túneles y semitúneles de Karkatera, para prever el comportamiento geotécnico del macizo en las obras civiles excavadas. Analizar el comportamiento plástico en el entorno de las superficies de las excavaciones en los túneles y semitúneles de Karkatera, para determinar la resistencia al corte de las discontinuidades presentes en el macizo rocoso. Utilizar herramientas estadísticas, probabilísticas y computaciones para simular situaciones desfavorables en zonas plásticas de las excavaciones de los túneles y semitúneles de Karkatera que afectan la estabilidad de las obras.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los estudios de esta tesis fueron desarrollados por medio de casos reales de los túneles viales de Karkatera, para el cual se realizó un trabajo de investigación de pre grado en el año 2009; para ello fue necesario seguir haciendo trabajos de campo, pruebas de laboratorio y trabajos de gabinete, utilizando técnicas adecuadas pertinentes al estudio. Los trabajos geotécnicos proporcionan información concerniente con los modelos geológicos y geomecánicos, toda esta información fue necesaria para luego ser integrada en modelos matemáticos.

Los túneles se encuentran ubicadas en el ámbito geográfico de las comunidades de Karkatera y Occopata, distrito de Abancay, departamento de Apurímac, a una distancia de 25.6 km. de la ciudad de Abancay, la carretera es de material afirmada con dirección NW, a una altitud promedio 3100 msnm, con coordenadas UTM: N=8494832, E=718827; la roca aflorante en este tramo tiene una secuencia de geología local correspondiente al grupo Copacabana, con una potencia estimada de 2000 m, constituido por rocas calizas de color predominante gris claro, con alternancia de lutitas de coloración negras a grises oscuras Saez, (2010).

De acuerdo al plano topográfico de la zona de estudio, donde se encuentran los túneles viales de Karkatera presenta curvas de nivel que muestra una morfología accidentada y de fuertes pendientes en sentido noroeste a la zona de estudio, (Plano topográfico), (Plano geológico), (Plano geomecánico) y secciones de corte Plano

TABLA 1. Estructuras subterráneas de los túneles de Karkatera

Estructura	Altura (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Profundidad (m)	Pendiente (%)
Túnel 1	5.5	4.5	96.00	155.00	2
Túnel 2	5.5	4.5	120	140.00	2
Semi túnel	5.5	2.5	180	-	2

Para la caracterización de la masa rocosa en el área de estudio donde se ubican los túneles I, II y el semitúnel, se realizó previamente el reconocimiento de la zona en estudio, luego el levantamiento topográfico y posteriormente un sondeo geológico superficial, acciones que de los cuales se tomó la decisión de hacer el seccionamiento por tramos de 20 m. en el túnel I y de 20 m. al inicio y 30 m al final del túnel II, tramos que de acuerdo al comportamiento de las discontinuidades y fallas ameritaban tal acción.

El mapeo geotécnico se llevó a cabo utilizando el método directo en toda la longitud de los túneles I y II, secciones transversales de 20.00 m. en el túnel I y, 20.00 m. y 30.00 m. en el túnel II; asimismo, el seccionamiento de 30.00 m en el semitúneles. Mediante este método, se realizaron mediciones sistemáticas de las discontinuidades y fallas, cubriendo íntegramente las mediciones y caracterización de los dos túneles Hidalgo, (2002).

Durante el mapeo geomecánico de la exposición de rocas subterráneas, también se registraron en campo las discontinuidades principales, las que fueron registradas en los planos geológicos y geotécnicos estructurales (Alonso, 2002).

Mapeo de las discontinuidades y sus caracterizaciones. Durante las mediciones geotécnicas de los túneles Karkatera, el personal técnico de apoyo participó en el mapeo de las discontinuidades presentes en el macizo rocoso aflorantes en los túneles I y II, estos métodos son los convencionales y comprenden las líneas de detalle de los tramos determinados en cada túnel, la asignación caracterizaba las discontinuidades según su buzamiento ("Dip") y dirección de buzamiento ("Dip Direction"), de acuerdo con las recomendaciones de la Sociedad Internacional de Mecánica de las Rocas ("International Society for Rock Mechanics – ISRM, 2007"). El mapeo de las discontinuidades presentes en los túneles I II y su caracterización estructural se ejecutaron continua, sistemática y detalladamente en cada discontinuidad, (Figura 1).



Figura 1. En la imagen de la izquierda se muestra el Túnel II en toda su longitud, y en la imagen de la derecha se está realizando la medición de mapeo geomecánico de las discontinuidades.

Figura 1. En la imagen de la izquierda se muestra el Túnel II en toda su longitud, y en la imagen de la derecha se está realizando la medición de mapeo geomecánico de las discontinuidades.

Los datos obtenidos de la caracterización del túnel I, correspondiente a la familia 1, este cuadro es la forma del procedimiento como se llevó a cabo la caracterización del mapeo geomecánico de campo a gabinete. La caracterización completa de las discontinuidades presentes en los túneles I, II y semitúneles. El análisis de datos se realizó de acuerdo a dos líneas de trabajo definidas al inicio del estudio. La primera línea de investigación estudia el problema de la estabilidad de las cuñas en túneles por medio de un enfoque determinista, mientras que la segunda línea estudia el mismo problema por un enfoque probabilístico.

El enfoque determinista, usando valores medios de las características presentes en el problema objeto de estudio, es decir, sin la variabilidad estudio de los valores previamente conocidos de tales variables. Por lo tanto, estos valores medios se obtienen a partir de la simple adquisición o por la media aritmética de las variables conocidas del problema bajo los valores de estudio. El enfoque probabilístico, a diferencia del determinista considera la variabilidad natural de los valores de los parámetros actuales en cuestión, por la desviación y / o variación estándar. Por lo tanto, se requiere un mayor número de valores de estas variables para la determinación de la desviación estándar. Definida la Línea de estudio, fue necesaria la determinación de los valores de las variables que intervienen en el problema de dos vertientes, una con datos promedio y otras con datos vectoriales. Posteriormente, se realizó la obtención de la desviación estándar para los datos medios y vectoriales. Se decidió por el fraccionamiento de los túneles en tramos de 20 m y 30 m y de estos definidos para los datos medios y/o vectoriales, los valores de las orientaciones de las discontinuidades a seguir, fue seleccionado el tramo que mejor describiese el comportamiento de las orientaciones de las discontinuidades existentes en cada túnel estudiado (Carvalho, 2003).

La selección del tramo más representativo se realizó por estudios del grado de dispersión de las familias de discontinuidades presentes en cada sección, en relación con todos los existentes a lo largo de las familias del túnel. Este estudio consistió en la determinación de las orientaciones de las familias de discontinuidades contenidas en las secciones o tramos cada 20 m, en el túnel I y, de 20 m y 30 m para el túnel II; para el semitúnel la sección fue de 30 m. Después se calcula la determinación de la desviación estándar de los tramos distintamente, de estos desvíos estándar será seleccionado el tramo con menor grado de dispersión, finalmente fue definida la división del túnel en tramos de 20 m. y 30 m. [22].
En los análisis de estabilidad de las cuñas, se optó por asumir el valor de la cohesión de las discontinuidades de los túneles como igual a cero. De esta forma, fue despreciada la influencia favorable de este parámetro en las fuerzas resistentes al deslizamiento de las cuñas inestables (tabla 2).

TABLA 2. Ángulo de fricción de las discontinuidades de los túneles I y II Karkatera.

Estructura		φ (Grados)
Túnel	Tramo	Promedio
T-I	0-96	30°
T-II	0-40	30°
T-II	40-132	30°

El resultado de los cálculos del ángulo de fricción de las discontinuidades de los túneles I y II se muestra en la Tabla, donde se presentan los valores medios del ángulo de fricción [20]. Inicialmente se utilizarían todos los parámetros de las familias de discontinuidades: las orientaciones ("Dip" y "DipDir"), las cohesiones y los ángulos de fricción de las tres familias de discontinuidades presentes en cada túnel. Sin embargo, el método probabilístico de Rosenblueth requiere 2^n combinaciones de los datos de entrada, así, de acuerdo con la pretensión inicial tendríamos 2^{12} combinaciones resultando en 4.096 cálculos para cada tramo de túnel y cada tipo de datos trabajados medios o vectoriales, llegando al final de los estudios con 294.912 cálculos realizados. Debido al elevado número de entradas manuales en el programa Unwedge, se optó por trabajar sólo con los parámetros "Dip" y "DipDir" de cada familia, ahora 64 (2^6) cálculos se realizaron por trecho, haciendo 4.608 cálculos en total. presenta el número total de cálculos probabilísticos realizados en los túneles I y II de Karkatera y la cantidad de orientaciones asignadas en los túneles, (Tabla 3).

TABLA 3. Cantidad de datos por túnel y número de cálculos realizados.

Estructura	Trecho (m)	N° de Orientaciones Por Familia: Familia 1	Familia 2	Familia 3	N° de Orientaciones
Tunel I	0-20	24	17	14	188
	20-40	16	12	9	
	40-60	14	11	8	
	60-80	15	10	7	
	80-96	13	10	8	
	Todo Túnel	82	60	46	
Tunel II	0-20	18	12	5	131
	20-40	16	8	7	
	0-40	34	20	12	
	40-70	10	5	5	
	70-100	11	6	5	
	100-132	11	7	5	
	40-132	32	18	15	
	Todo Túnel	66	38	27	

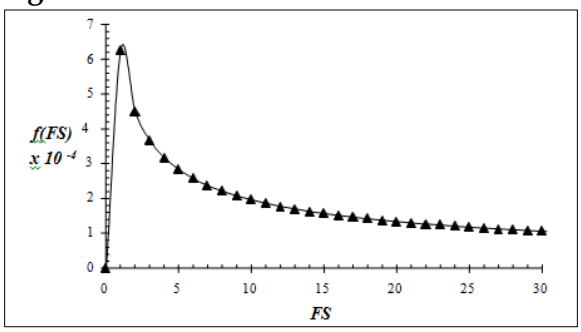
Ingresados los datos de entrada, el programa Unwedge, retornaba los valores de FS de las cuñas cinéticamente libres al deslizamiento en las paredes y techo de la sección transversal de los túneles. Se verificó la ocurrencia de cuñas susceptibles al deslizamiento en la pared derecha y techo, se realizaba la anotación de los FS para que, a continuación, se realizara la instalación del sistema de soporte. Con la instalación del sistema de soporte concluido se promovía una nueva anotación de los FS para las cuñas identificadas en el paso anterior, ahora bajo la influencia del sistema de soporte [23].

Los datos anotados se llevaron al programa Excel, donde se procedía a la determinación del FS medio (E[FS]), de la desviación estándar del FS ([FS]), así como la probabilidad de ruptura existente en cada posición de la sección transversal, que será discutida en el Ítem.-4.6.2. presentan los resultados de los cálculos probabilísticos de los Túneles I en todo el tramo y Túnel II, también en todo el tramo respectivamente. Los resultados por tramos de 20 m y 30 m se de los T-I y T-II. [24] .

Cálculo de la probabilidad de ruptura

El cálculo de la probabilidad de ruptura (PR) fue realizado admitiendo que el FS posee su distribución de probabilidad descrita por una distribución log-normal. Así, para la aceptación de la distribución log-normal, una prueba de adecuación de los resultados de los T-I y T-II para la distribución log-normal fue realizada, teniendo como respuesta la distribución de la Figura 2.

Figura 2. Prueba de adecuación de los resultados del T-I para con la distribución log-normal



La perfecta adecuación obtenida, ocurre debido a la función de distribución de probabilidad log-normal estar restringida a valores de variables aleatorias mayores que cero. Así, atendiendo perfectamente al requisito del FS no tener valores menores que cero.

El cálculo de la Probabilidad de Rotura (PR) se realiza por medio del área bajo la curva de distribución de probabilidad de la log-normal contenida a la izquierda del FS = 1, como se muestra en la Figura 44 y también descrita en el Capítulo 1 Ítem 1.10. Para la realización del cálculo de la PR, empleó - si la función Dist. Lognormal del programa Excel con el cual, a partir de la media y desviación estándar de los datos en estudio, es posible de manera práctica y fácil, obtener la determinación del valor de la PR contenido en el FS de cuñas. Megard, (1968).

4 CONCLUSIONES

Las caracterizaciones de los macizos rocosos se tornaron importante y de gran significado en el proyecto de excavación de los túneles de Karkatera. Las propiedades y características de las discontinuidades de los macizos, pudieron ser cuantificados y debidamente interpretados, los estereogramas nos permiten visualizar la conformación de concentraciones de discontinuidades del macizo, y nos infiere a determinar las medidas para hallar las cantidades de familia, (variables) para las clasificaciones geomecánicas, estudios estadísticos, mediante el método Determinístico y probabilístico.

5 CONCLUSIONES

Las caracterizaciones de los macizos rocosos se tornaron importante y de gran significado en el proyecto de excavación de los túneles de Karkatera. Las propiedades y características de las discontinuidades de los macizos, pudieron ser

cuantificados y debidamente interpretados, los estereogramas nos permite visualizar la conformación de concentraciones de discontinuidades del macizo, y nos infiere a determinar las medidas para hallar las cantidades de familia, (variables) para las clasificaciones geomecánicas, estudios estadísticos, mediante el método Determinístico y probabilístico, para tomar decisiones correctivas con respecto a la estabilidad del túnel.

La clasificación Geomecánica, con la interacción de tres Clasificaciones aceptadas por el ISRM (Q; RMR y RQD), nos permite crear intervalos para luego determinar el tipo de sostenimiento que pide el programa Unwedge y así hallar un nuevo Factor de Seguridad (F.S.) con sostenimiento. Las tablas, ábacos u otros criterios establecidos para determinar la restitución del equilibrio del macizo rocoso (sostenimiento), son referenciales, por lo mismo que una estructura rocosa es compleja y difiere en caracterización de otras; la clasificación de un determinado sostenimiento se basa en las características propias y singulares de la estructura en estudio. Tal como en el T-I el comportamiento es casi regular u homogéneo y en el T-II el comportamiento de las discontinuidades a partir de los 40 m. cambia por la presencia de una falla o un dique de más de 1 m.

La aplicación de programas computacionales como el Roclab, Dips y Unwedge, permitió una simplificación de los métodos de caracterización, tipología estructural, clasificación y modelamiento de los macizos rocosos en el lugar de la obra; sobre todo, para la aplicación en los estudios estadísticos y probabilísticos, de ruptura, para la previsión de futuros refuerzos y soportes.

6 Referencias

[1] P. Giani, Rock Slope Stability Anlysis, Rotterdam: CRC Press, 1 Edition 361 p, 1992.

[2] Dusseault,M. y Franklin, J., Rock Engineering, USA: Ed. McGraw-Hill, 1989.

[3] BArton, Lien, R & Lunde, J, Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support. Rock Mechanics and Rock Engineering, Norway: Norwegian Geotechnical Institute Oslo 8, 1974.

[4] E. Goodman, Introduccion to Rock Mechanics., New York USA: Jhon Wiley &Sons, 1989, p. 251.

[5] E. Hoek y C. Carranza-Torres, «El Criterio de rotura de Hoek-Brown,» Ingeo Tuneles, Madrid España, 2004.

[6] B. Hidalgo, «Ingenierìa de Rocas en el tùnel de conducciòn.,» Bol Ciencias de la tierra, Colombia, 2002.

[7] V. Terzaghi, «The 23rd U.S SYmposium on Rock Mechanics (USRMS),» Berkeley, California USA, 1946.

[8] N. Barton, D. R. Lien y J. & Lunde, «Estimation of support requirements for underground excavation.,» In HUSTRULID, W, New York USA, 1982.

[9] T. Bieniawski, «Rock Mass classification as a design aid in tunneling. Tunnels and Tunneling,» Mining and Mineral Resources Institute, Pensylvania, USA, 1986.

[10] Ang, Alfredo, H:S: & Tang, WIlson, «Probabiliity Concepts in Engineering Plannig and Design: BAsic Principles,» Jhon WIley &Sons, New York USA, 1975.

[11] Hammersley, M. & Handscomb, C, «Monte Carlo Methods,» Editt Methuem & Co., Ltd, London, 1964.

[12] Kottegoda, T & ROSSO, Renzo, «Statistics,Probability and Reliability for Civil and Environmental Engineers,» Mc Graw-Hill, New York USA, 1997.

[13] Hahn, J. & Shapiro, S. , «Statiscal Models in Engineering,» Edit Jhon Wiley & Sons, Nueva Jersey, USA, 1967.

[14] A. Lionco, «Behaviour of deep shafts in rock considering nonlinear elastic models,» University of Brasilia, Departament of Civil an Environmental Engineering 70910, Brasilia, DF Brasil, 1999.

[15] Carnero, T. y Fujimura, F, «Mecánica de Rochas Aplicada ao Dimensionamiento do Sistema de Atirantamento em Minas Subterráneas. Disertaçao de Mestrado,» Sao Paolo, EPUSP, Brasil, 1995.

[16] A. Lauro, «Análise da Interação Maciço-Suporte em Túneis Escavados em Rocha,» Disertacion de Maestria Universidad de Brasilia, Brasil, 2001.

[17] C. A:, «Métodos Probabilísticos Aplicados à Estabilidade de Taludes e Cavidades em Rocha.,» Dpto. de Engenharia Civil e Ambiental Faculta de Tenologìa, Brasil, 2003.

[18] H. Jaramillo, «Nuevas Tècnicas geofisicas Aplicadas en Ingenierìa Geotècnica,» Colegio de Ingenieros Civiles de Mèxico, CDMZ Mèxico, 2017.

[19] J. Romero, «Compromise Solutions in Mining Method Selection - Case Study in Colombian Coal Mining. Escuela de Ciencias Exactas e Ingeniería,» Escuela de Ciencias Exactas e Ingenierìa Universidad Sergio Arboleda, Bogotà - Colombia, 2012.

[20] Ramirez, P. y Alejao, L., «Mecánica de rocas, Fundamentos en Ingeniería de Taludes. Máster Internacional "Aprovechamiento Sostenible de los recursos Minerales",» Universidad Politècnica de MAdrid, España, 2008.

[21] M. Garrido, «Evaluación del coeficiente de seguridad del sostenimiento de galerías y túneles en función de su rigidez,» ETSI Universidad Politècnica de Madrid, España, 2003.

[22] Ferrer, M. & Gonzàles de Vallejo, L., «Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos,» Instituto Geològico de España, MAdrid - España, 2007.

[23] H. Laughlin, «The Geology and Physiography of the Peruvian Cordillera departments of Junín and Lima,» Geoligical Society of America Bulletin, Lima Peru, 1924.

[24] R. Morocco, «Geología de los cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas,» Instituto de Geologìa y Minerìa, Lima Perù, 1975.

C&T Riqchary
Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología
ISSN: 2810-8124 (en línea) / ISSN: 2706-543x

Vol. 4 Núm. 1 (2022)
Publicado:05/11/22
DOI: https://doi.org/10.57166/riqchary/v4.n1.2022.86

Efecto de biofertilizantes en la fase vegetativa del cultivo de cebolla (*Allium cepa L.)*

Effect of biofertilizers in the vegetative phase of the onion crop (*Allium cepa L.*)

Celinda Alvarez_Arias [A], Aydeé Kari_Ferro[B] Nora G. Echegaray_Peña[C] , Rosa Huaraca Aparcol[D] ,Niki F. Flores_Pacheco[E] ,Juan S. Barreto_Carbajal[F]

0000-0003-1585-4001[A], 0000-0001-7598-7450[B] y 0000-0001-8664-1535[C] 0000-0003-4493-7754 [D] 0000-0002-2772-0951[E] y 0000-0002-3512-6856[F]

(Recepción: 3/08/2022 y aceptacion 21/11/2022)

Resumen— El objetivo de la investigacion fue evaluar diferentes biofertilizantes en la fase vegetativa y rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*). El estudio se realizo en el distrito de Curpahuasi, provincia de Grau, departamento de Apurímac. Los biofertilizantes utilizados en el estudio fueron: humus de lombriz, bovinasa y cuyasa Las variables de estudio fueron la altura de planta, número de hojas, altura de bulbo, diámetro de bulbo y rendimiento del cultivo de cebolla. Con un diseño de bloques completamente al azar. Los resultados mostraron diferencias significativas (Sig.<0.05) reportando una mayor altura de planta con la aplicación de Humus de lombriz con una dosis de 10.8 t/ha, mientras el mayor número de hojas se econtro con la aplicación de la Bovinasa a una dosis de 20 t/ha. El rendimiento de producción se encontró con el Humus de lombriz (9.8 t/ha) mayor frente a los demás biofertilizantes, siendo no significativo (Sig. > 0.05) al comparar con los demás tratamientos, no se registraron diferencias significativas (Sig. > 0.05) entre los promedios de peso de bulbos y rendimientos. Se concluye que la aplicación de humus de lombriz con una dosis de 10.8 t/ha es recomendable en la producción de cebolla roja arequipeña.

Palabra clave: Fase vegetativo, humus de lombriz, bovinasa, cuyasa.

Abstract— The objective of the research was to evaluate the effect of earthworm humus, bovinase and whosease in the vegetative phase and yield of the onion (Allium cepa L.) red variety Arequipa. The study was carried out in the district of Curpahuasi, province of Grau, department of Apurímac. The study variables were plant height, number of leaves, bulb height, bulb diameter and onion crop yield. With a completely randomized block design. The results showed significant differences (Sig.<0.05) reporting a higher plant height with the application of Worm Humus with a dose of 10.8 t/ha, while the highest number of leaves was found with the application of Bovinase at a dose of 20 t/ha. The production yield was found with the Earthworm Humus (9.8 t/ha) higher compared to the other biofertilizers, being non-significant (Sig. > 0.05) when compared with the other treatments, no significant differences were recorded (Sig. > 0.05) between the average weight of bulbs and yields. It is concluded that the application of earthworm humus with a dose of 10.8 t/ha is recommended in the production of Arequipa red onion.

Keywords: Vegetative phase, worm humus, bovinasa, bovinasa.

A. *Celinda Alvarez_Arias, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, calvarez@unamba.edu.pe*
B. *Aydeé Kari_Ferro, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, akari@unamba.edu.pe*
C. *Nora G. Echegaray_Peña, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, nechegaray@unamba.edu.pe*
D. *Rosa Huaraca_Aparco, Universidad Nacional José María Arguedas rhuaraca@unajma.edu.pe*
E. *Niki F- Flores_Pacheco, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, nflores@unamba.edu.pe*
F. *Juan S. Barreto_Carbajal, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, jcarbajal@unamba.edu.pe*

1 INTRODUCCIÓN

La cebolla (*Allium cepa* L.) se considera una verdura económicamente importante cultivada en todo el mundo y utilizada durante todo el año, fresca y procesada. La cebolla contiene carbohidratos, vitaminas, minerales, antioxidantes y aceites esenciales [1 , 2] y se puede cultivar con éxito en un sistema de producción orgánico. Los fertilizantes orgánicos mejoran las propiedades químicas y físicas de la cebolla, es decir, el contenido de minerales y sólidos solubles totales [3]. Los fertilizantes orgánicos contienen nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo equilibrado de las plantas, además, también mejoran las propiedades físicas (absorción, friabilidad del suelo, composición granulométrica), biológicas (biodiversidad y abundancia de microorganismos) y químicas del suelo (pH, C_{org}, materia orgánica, formas disponibles de micro y macroelementos, actividad enzimática del suelo) [4 , 5]. Esto se puede atribuir al aumento en la disponibilidad que permite que las plantas de cebolla, que forman sistemas de raíces débiles y superficiales, absorban más N y sinteticen efectivamente más clorofilas y carotenoides [6]. Las clorofilas son una de las sustancias antioxidantes fuertes en un Reino Vegetal. Por lo tanto, la adición de clorofila a la proporción de alimentos humanos conduce a una disminución significativa en los efectos oxidativos inducidos por carcinógenos [7].

La cebolla tiene una buena respuesta a los biofertilizantes debido a la morfología del sistema radicular, por lo que la novedad de este estudio es una comparación de la reacción de la cebolla a diferentes biofertilizantes y ampliar el conocimiento sobre la relación entre el biofertilizante y la calidad de la cebolla en las siguientes temporadas de crecimiento. En este entorno el abonamiento con fuentes orgánicas como humus de lombriz (HL) y Cuyasa se convierte en una alternativa viable. Numerosos estudios sobre la utilización de HL aseveran los beneficios de su aplicación al suelo, mejorando sus características físico-químicas y biológicas, e incrementando los rendimientos de diferentes cultivos [8 , 9, 10]
En la investigación se evaluó diferentes biofertilizantes como humus de lombriz, bovinasa y cuyasa en la fase vegetativa y rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*) variedad roja arequipeña

2 MATERIALES Y METODOS

2.1 Lugar de investigación

La investigación se desarrolló en la comunidad de Colcabamba del Distrito de Curpahuasi-Grau-Apurímac, con un espacio temporal de duración de 06 meses calendarios. La población muestral estuvo constituida por plantas de cebolla (Allium cepa L.) variedad roja arequipeña, en un número de 3360 unidades, en un área total de 100.80 m2. La determinación de la muestra se realizó al azar, debido a que se consideró que las plantas de cebolla son homogéneas en todo el proceso de su desarrollo vegetativo.

Adquisición de biofertilizantes. Como primera etapa se tuvo la adquisición del humus de lombriz, bovinasa y cuyasa los cuales fueron fundamentales para realizar la investigación. Los abonos orgánicos fueron elaborados por el investigador, pero ello ya no formó parte de la investigación.

Aplicación de biofertilizantes. La dosis fue en función a los datos del N, P y K del análisis de suelo de la fase preliminar que se realizó y de la misma forma según el requerimiento del cultivo y la composición química del humus de lombriz, bovinasa y cuyasa que se obtuvo del resultado de análisis.

Preparación del terreno, nivelado y diseño de la parcela. La preparación del terreno se realizó 15 días antes de la siembra, con la finalidad de eliminar algunos patógenos y malezas existentes, esta labor agrícola se hizo con la finalidad de dejar disponible el suelo, libre de malezas y de piedras existentes en el área experimental. Una vez que el terreno estuvo 15 días preparado se procedió al nivelado y diseño de las unidades experimentales de acuerdo a la distribución aleatoria de los tratamientos, en la cual se utilizó los materiales como wincha, estacas, cordeles, picos, rastrillos, palas, saquillos y otros materiales.

a). Determinación de la Fase vegetativa. Numero de hojas: esta evaluación se realizó en tres periodos, primero a los 30 días de haber trasplantado, segundo a los 60 días y tercero a los 90 días. La fecha evaluada fue el 30 de abril del 2020 para el numero de hojas a los 30 días, 30 de mayo del 2020 para el numero de hojas a los 60 días y 29 de junio del 2020 para el numero de hojas a los 90 días. Longitud de planta: esta evaluación se realizó en tres periodos, primero a los 30 días de haber trasplantado, segundo a los 60 días y tercero a los 90 días, se utilizó una wincha. La fecha evaluada fue el 30 de abril del 2020 para la altura de planta a los 30 días, 30 de mayo del 2020 para la altura de planta a los 60 días y 29 de junio del 2020 para la altura de planta a los 90 días.

b) Rendimiento.Longitud de bulbo: esta evaluación se realizó a los 170 días en la cosecha, en la cual se utilizó un vernier y se midió con precisión la altura de cada bulbo muestreado. Diámetro del bulbo: esta evaluación se realizó a los 170 días en la cosecha, en la cual se utilizó un vernier y se midió con precisión el diámetro de cada bulbo muestreado. Peso del bulbo: esta evaluación se realizó a los 170 días en la cosecha, se pesó cada bulbo muestreado en una balanza de precisión.

Rendimiento de la producción: se realizó a los 171 días, esta evaluación se desarrolló en el mes de setiembre del 2020.

Análisis estadístico. Se utilizaron el análisis de varianza de una vía (ANOVA) y la prueba de rangos múltiples de Tukey al 95% de confianza; todos los resultados se midieron tres veces.

3 Resultados

Efecto de humus de lombriz, bovinasa y cuyasa en la fase vegetativa del cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*) variedad roja arequipeña.

En la fase vegetativa del cultivo de cebolla están determinadas por la altura de planta y el número de hojas y para describir su comportamiento se han realizado mediciones a los 30, 60 y 90 días después de la siembra (dds) cuyos resultados se muestran a continuación:

Altura de planta. Los datos representan los promedios evaluados a los 30, 60 y 90 (dds). En la Tabla 1, se observa que durante los 30 dds, la altura de planta alcanza un valor máximo de 18.60 ±3.22 cm con el tratamiento T7. Cuyasa 18.6 t/ha y en orden decreciente continúan los promedios de 17.89 ±0.19 cm, 17.66 ±0.69 cm, 17.30 ±0.99 cm para los tratamientos T2. Humus de lombriz 10.3 t/ha, T3. Humus de lombriz 10.8 t/ha y T1. Humus de lombriz 9.8 t/ha respectivamente. Dichas alturas de planta para los 30 dds son mayores respecto al tratamiento testigo que reporta una altura de 15.74 ±1.20 cm, que a su vez, es mayor a los reportados por los tratamientos a base de bovinasa (T4, T5 y T6) que reportan alturas de 14.45 ±1.24 cm, 14.11 ±1 cm y 14.43 ±2.03 cm respectivamente.

TABLA 1. Estadísticos descriptivos de la altura de planta a los 30, 60 y 90 días después de la instalación

Tratamientos	30 días		60 días		90 días	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
T1. Humus de lombriz (9.8 t/ha)	17.30	0.99	37.74	4.20	58.62	6.64
T2. Humus de lombriz (10.3 t/ha)	17.89	0.19	36.87	2.67	56.10	4.09
T3. Humus de lombriz (10.8 t/ha)	17.66	0.69	38.70	2.13	61.26	4.58
T4. Bovinasa (19.5 t/ha)	14.45	1.24	33.89	4.98	53.21	10.38
T5. Bovinasa (20 t/ha)	14.11	1.00	30.82	1.19	48.33	2.97
T6. Bovinasa (20.5 t/ha)	14.43	2.03	34.16	3.11	56.40	6.18
T7. Cuyasa (18,6 t/ha)	18.60	3.22	36.03	3.35	52.70	4.78
T8. Cuyasa (19.1 t/ha)	16.03	1.62	32.85	4.41	51.03	9.55
T9. Cuyasa (19.6 t/ha)	15.65	0.81	33.17	3.16	53.55	6.42
T10. Testigo	15.74	1.20	27.54	2.80	39.77	4.43

A los 60 dds, las alturas de plantas van alcanzando diferencias apreciables registrándose las mayores alturas en los tratamientos a base de humus de lombriz con valores de 38.70 ±2.13 cm, 37.74 ±4.2 cm y 36.87 ±2.67 cm, dichos valores son significativamente mayores al tratamiento testigo que registra una altura de 27.54 ±2.80 cm. Los tratamientos a base de bovinasa y cuyasa registran alturas entre 36.03 ±3.35 cm para T7. Cuyasa 18.6 t/ha y 34.16 ±3.11 cm para T6. Bovinasa 20.5 t/ha y a su vez, son superiores al comparar con la altura de planta del tratamiento testigo.

A los 90 dds, el cultivo de cebolla alcanza su altura máxima y se detiene el crecimiento. En esta etapa, los tratamientos a base de humus de lombriz se diferencian con los demás tratamientos alcanzando la mayor altura de 61.26 ±4.58 cm para el tratamiento T3. Cuando se aplica la dosis de 10.8 t/ha, le sigue en orden decreciente los tratamientos a base de bovinasa que alcanza el mayor promedio de 53.55 ±10.38 cm cuando se aplica la dosis de 20.5 t/ha, dichas alturas de planta son significativamente diferentes cuando se compara con el promedio del testigo que registra 39.77 ±4.43 cm.

Efecto de humus de lombriz, bovinasa y cuyasa en el rendimiento del cultivo de cebolla (Allium cepa L.) variedad roja arequipeña. El rendimiento de la producción de cebolla, está explicado por la altura de bulbo, diámetro de bulbo, peso del bulbo y rendimiento por superficie, los datos fueron obtenidos a los 90 dds y los resultados se muestran a continuación:

a) Altura, diámetro y peso de bulbo de cebolla roja arequipeña.

Tabla 2. Estadístico descriptivo de la altura de bulbo, diámetro de bulbo y peso de bulbo según tratamientos.

Tratamientos	Altura de bulbo (cm)		Diámetro de bulbo (cm)		Peso de bulbo (Kg)	
	Media	Desv. estándar	Media	Desv. estándar	Media	Desv. estándar
T1. Humus de lombriz (9.8 t/ha)	6.54	0.36	9.05	0.32	0.29	0.01
T2. Humus de lombriz (10.3 t/ha)	5.90	0.09	8.51	0.12	0.29	0.01
T3. Humus de lombriz (10.8 t/ha)	6.18	0.23	9.10	0.39	0.34	0.06
T4. Bovinasa (19.5 t/ha)	6.03	0.31	8.55	1.31	0.30	0.10
T5. Bovinasa (20 t/ha)	5.78	0.29	7.76	0.55	0.33	0.15
T6. Bovinasa (20.5 t/ha)	5.58	0.17	7.76	0.47	0.25	0.04
T7. Cuyasa (18,6 t/ha)	6.02	0.38	7.72	0.62	0.25	0.04
T8. Cuyasa (19.1 t/ha)	6.01	0.49	7.40	0.95	0.23	0.06
T9. Cuyasa (19.6 t/ha)	6.05	0.32	7.82	0.79	0.30	0.14
T10. Testigo	5.74	0.41	6.70	0.92	0.18	0.07

En la Tabla 2, se registra la mayor altura de bulbo con 6.54 cm y una variabilidad de ±0.36 cm y corresponde al tratamiento T1. Humus de lombriz (9.8 t/ha) y en orden decreciente continúa el tratamiento T3. Humus de lombriz (10.8 t/ha) con 6.18 ±0.23 cm luego el tratamiento T9. Cuyasa (19.6 t/ha) con 6.05 cm, después el tratamiento T7. Cuyasa (18.6 t/ha) con 6.02 ±0.38 cm, luego el tratamiento T8. Cuyasa (19.1 t/ha) con 6.01 cm se nota que, en éste tratamiento se registra una mayor variabilidad con ±049 cm, los tratamientos T2. Humus de lombriz (10.2 t/ha), T5. Bovinasa (20 t/ha) y T6. Bovinasa (20.5 t/ha) inducen a similar efecto en la altura del bulbo del cultivo de cebolla con valores de 5.90 cm, 5.78 cm y 5.58 cm respectivamente, los resultados de dichos tratamientos, son muy cercanos a los obtenidos en el tratamiento testigo que registra una altura de bulbo de 5.74 cm.

Diámetro de bulbo. Según la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**2, los mayores diámetros de bulbo en el cultivo de cebolla se registran en los tratamientos T3. Humus de lombriz (10.8 t/ha) con el promedio de 9.10 ±0.39 cm, luego el tratamiento T1. Humus de lombriz (9.8 t/ha) con el promedio de 9.05 ±0.32 cm, despues el tratamiento T4. Bovinasa (19.5 t/ha) con el promedio de 8.55 ±1.31 cm, luego el tratamiento T2. Humus de lombriz (10.3 t/ha) con 8.51 ±0.12 cm. Los tratamientos T5. Bovinasa (20 t/ha), T6. Bovinasa (20.5 t/ha), T7. Cuyasa (18.6 t/ha), T8. Cuyasa (19.1 t/ha) y T9. Cuyasa (19.6 t/ha) tienen semejante efecto sobre el diámetro de bulbo con valores de 7.76, 7.76, 7.72, 7.40 y 7.82 cm además que la variabilidad es homogénea en dichos tratamientos, los tratamientos anteriormente citados son superiores frente al testigo que registra un diámetro de bulbo promedio de 6.70 cm.

Peso de bulbo. El peso del bulbo del cultivo de cebolla tiene relación directa con el diámetro y altura del bulbo, debido a que a mayor diámetro y altura de bulbo se espera que el peso también sea mayor.

Según la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**2, los mayores pesos corresponden a los tratamientos T3. Humus de lombriz (10.8 t/ha) con 340 g, T5. Bovinasa (20 t/ha) con 330 g, T4. Bovinasa (19.5 t/ha) con 300 g, y en orden decreciente continúan los tratamientos T1. Humus de lombriz (9.8 t/ha), T2. Humus de lombriz (10.3 t/ha) con promedios de 290 g seguido de los tratamientos T6. Bovinasa (20.5 t/ha), T7. Cuyasa (18.6 t/ha) con un peso promedio de 250 g, dichos pesos son significativamente superiores al promedio obtenido mediante el tratamiento testigo cuyo valor es de 180 g ±0.07.

Rendimiento por superficie

TABLA 3. Estadísticos descriptivos del rendimiento por superficie.

Tratamientos	Estadístico	
	Media	Desviación estándar
T1. Humus de lombriz (9.8 t/ha)	50.49	1.74
T2. Humus de lombriz (10.3 t/ha)	51.07	2.01
T3. Humus de lombriz (10.8 t/ha)	58.62	10.20
T4. Bovinasa (19.5 t/ha)	52.81	16.55
T5. Bovinasa (20 t/ha)	57.46	26.35
T6. Bovinasa (20.5 t/ha)	42.95	7.25
T7. Cuyasa (18,6 t/ha)	43.53	7.59
T8. Cuyasa (19.1 t/ha)	40.63	10.64
T9. Cuyasa (19.6 t/ha)	51.65	24.64
T10. Testigo	31.92	12.83

LaTabla 3 Muestra que los mejores rendimientos por superficie son obtenidos mediante la aplicación del humus de lombriz en la dosis de 10.8 t/ha y la aplicación de bovinasa en la dosis de 20 t/ha que tienen como efectos el valor de 58.62 ±10.20 t/ha y 57.46 ±26.35 t/ha de cebolla respectivamente, los tratamientos a base de cuyasa en sus diferentes dosis muestran resultados entre 40.63 t/ha hasta 51.65 t/ha que son menores a los rendimientos obtenidos cuando se aplica humus de lombriz o bovinasa. Pero, al comparar con el rendimiento

obtenido en el tratamiento testigo se observa que son superiores ya que en el tratamiento testigo el rendimiento alcanzado fue de 31.92 ±12.83 t/ha.

Discusión

Fase vegetativa del cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*)
La fase vegetativa del cultivo de cebolla se evaluaron la altura de planta y número de hojas, lo cual es concordante con Mora [11] quien evaluó dichas variables a los 30, 60 y 90 días después de la siembra.

a) Altura de planta. La altura de planta a los 30 días alcanza 18.60 cm al aplicar cuyasa en la dosis de 18.6 t/ha y a los 60 y 90 dds, alcanzaron 38.70 cm y 61.26 cm con la aplicación de humus de lombriz en la dosis de 10.8 t/ha. Dichos hallazgos son cercanos a los reportados por Fababa [12]quienes aplicando humus de lombriz en la dosis de 3 t/ha obtuvieron 52.55 cm y 44.95 cm a los 60 dds respectivamente, el crecimiento del cultivo de cebolla cesa a los 90 dds, en este tiempo, todos los tratamientos produjeron incrementos (Sig.<0.05) respecto al testigo, siendo el tratamiento T3. Humus de lombriz (10.8 t/ha) que produjo mayor efecto con 61.26 cm de altura dicho valor es cercano al valor reportado por Bello Moreira et al. [13] con una altura de planta de 57.9 cm para los 90 días con la aplicación de biol al 30%. La medición de la altura de planta se midió desde la base del pseudotallo hasta el ápice de la hoja más larga siendo el crecimiento de la planta explicado por la presencia de nutrientes de los abonos orgánicos empleados, siendo el humus de lombriz que tiene mayor contenido de N, P_2O_5 y K_2O respecto a la bovinasa y cuyasa.
b) Numero de hojas. El número de hojas en el cultivo de cebolla tiene relación directa con la dosis de aplicación de abonos orgánicos, a mayor dosis se espera que el número de hojas sea mayor. A los 30, 60 y 90 dds, se reportan los mayores promedios para el tratamiento T5. Bovinasa (20 t/ha) de 3.38, 5.46 y 7.14 hojas por planta, siendo significativo a los 60 dds (Sig.< 0.05) y no significativo (Sig. > 0.05) para los 30 y 90 dds, los resultados son cercanos a los obtenidos por Cáceres Ortuño & Suquilanda Valdivieso [14] quienes aplicando Bocashi (4,9 kg/m²) reportan 3.46 hojas a los 30 días y 11 hojas para los 90 dds. El número de hojas tiene importancia en la capacidad de supervivencia del cultivo en el campo, esta relacionado con la fotosíntesis que regula el crecimiento de las raíces y la translocación de los fotosintatos desde los órganos de síntesis hacia los órganos de reserva [15] el contenido de P_2O_5 está estrechamente relacionada con la dinámica de la acumulación de materia seca y como es el caso de los abonos orgánicos su contenido limitado puede presentar una reducción en la expansión de la hoja y el área foliar, así como también variación en el número de hojas.
Rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)
a) Altura, diámetro y peso de bulbo de cebolla roja arequipeña.
La mayor altura de bulbo se obtuvo con la aplicación del humus de lombriz (9.8 t/ha) con 6.54 cm no siendo significativo (Sig. > 005) al comparar con los demás tratamientos evaluados, Pinzón Sandoval et al. [16] reportaron diámetros ecuatoriales [alturas de bulbo] de 4.1 a 7.0 cm no mostrando diferencias significativas entre tratamientos, según Cáceres Ortuño & Suquilanda Valdivieso [14] al aplicar un abono orgánico aumenta el diámetro del bulbo polares y ecuatoriales en un 28 y 69% respectivamente, [13] reportaron que no existe evidencia estadística para la longitud y diámetro de bulbos e indican que el promedio numérico más alto fue de 7.75 cm cuando se aplicó Biol al 30% de dilución.
Los tratamientos evaluados presentaron dos grupos homogéneos en el diámetro de bulbo siendo el tratamiento T3. Humus de lombriz (10.8 t/ha) que registró el mayor promedio con 9.10 cm en contraste con el tratamiento testigo que obtuvo 6.7 cm los resultados son cercanos a los reportados por Cáceres Ortuño & Suquilanda Valdivieso [14] quienes indican valores entre 7.1 y 9.0 cm clasificándolos como C1 de acuerdo a la norma ICONTEC, 1994, Según el Reglamento Técnico del MERCOSUR los bulbos de la cebolla se clasifican en cuatro categorías según el diámetro transversal del bulbo, siendo los resultados obtenidos con el tratamiento humus de lombriz en la dosis de 10.8 t/ha clasificado en la categoría 5 (Megarejo et al. 2010). Tanto la altura como el diámetro del bulbo está asociada al rendimiento de la producción de cebolla por lo que a mayor altura y diámetro se espera como respuesta mayor peso de bulbo, por otro lado, la relación de la altura entre el diámetro del bulbo es un indicador de la forma que tiene el bulbo, siendo el valor de 1 para el formato redondo y próximos a 0.5 para bulbos achatados, los resultados de la investigación muestran una relación de 0.72 siendo considerado ligeramente redondo según [17]
Los mayores pesos se obtuvieron con los tratamientos T3. Humus de lombriz (10.8 t/ha) con 340 g, T5. Bovinasa (20 t/ha) con 330 g y T4. Bovinasa (19.5 t/ha) con 300 g dichos promedios no son significativamente diferentes (Sig. > 0.05) pero son superiores comparado con el testigo que obtuvo 180 g. Los hallazgos son superiores a los reportados por Bello Moreira et al. [13] quienes registraron pesos de 112. 37 g a 170.28 g con la aplicación de biol al 30%, por su parte, Amaya-Robles & Méndez-García [18] reportan pesos entre 1010 g a 1006 g por efecto de la combinaciones de nitrógeno y potasio N120 x K80 y N60 x K80 respectivamente.

b) Rendimiento por superficie. El rendimiento por superficie no fue influenciado por los tratamientos evaluados (Sig. > 0.05) siendo el tratamiento T3. Humus de lombriz (10.8 t/ha) que obtuvo 58.62 t/ha en comparación al testigo que obtuvo un rendimiento de 31.92 t/ha. El resultado obtenido es superior a lo reportado por Bello Moreira et al. [13] quien mediante la aplicación de biol al 10% obtuvo rendimientos de 43.489 t/ha y Ancco-Oliva [17] con la aplicación de Azotobacter s.p. obtuvo 38.500 t/ha, Alvarez et al. [15] con la aplicación de fitorreguladores reporta rendimientos promedios de 38.51 t/ha y Cáceres Ortuño & Suquilanda Valdivieso [14] aplicando Bokashi reportan aumento del rendimiento desde

6.4 hasta 21.0 t/ha. Megarejo et al. [19] indica que se debe evitar las cosechas muy tempranas o muy tardías. Si se realiza anticipadamente puede continuar el crecimiento de las hojas y los bulbos demoran más en secarse, son de menor peso y pueden resultar con cuello abierto, arrugados y blandos, afectando el rendimiento final.

4 Conclusion

A los 90 días después de la siembra se registra diferencias significativas en el número de hojas por planta, siendo el mayor promedio para Bobinasa en la dosis de 20 t/ha con un promedio de 7.14 hojas por planta en contraste con el tratamiento testigo que obtuvo 5.39 hojas promedio. El Humus de lombriz (10.8 t/ha) obtuvo un rendimiento promedio de 58.62 t/ha y el tratamiento testigo 31.92 t/ha, sin embargo, a pesar que existen diferencias, éstas no son estadísticamente significativas (Sig. > 0.05).

Referencias

[1] Roldán, E.; Sánchez-Moreno, C.; de Ancos, B.; Cano, MP Caracterización de subproductos de cebolla (Allium cepa L.) como ingredientes alimentarios con propiedades antioxidantes y antipardeamiento. Química alimentaria 2008 , 108 , 907–916.

[2] Sekara, A.; Pokluda, R.; Del Vacchio, L.; Soma, S.; Caruso, G. Interacciones entre genotipo, ambiente y prácticas agronómicas en la producción y calidad de cebolla de almacenamiento (Allium cepa L.)—Una revisión. hort. ciencia (Praga) 2017 , 44 , 201–212.

[3] Gadelrabh, HM; Elamin, SM Efecto de diferentes fertilizantes orgánicos sobre el crecimiento, rendimiento y sólidos solubles totales de la cebolla (Allium cepa L.) variedad Baftaim-s. J. Agric. Veterinario. ciencia 2013 , 14 , 61–67.

[4] Ibrahim, A. El efecto del fertilizante inorgánico en la producción de cebolla. En t. J. Biol. ciencia 2014 , 1 , 21–29.

[5] Enping, Z.; Yu, D.; Fulei, T.; Shuhong, Z. Efectos del nitrógeno a largo plazo y la fertilización orgánica en el contenido de antioxidantes de los frutos de tomate. hort. J. 2016 , 3 , 8–12. }

[6] Shedeed, IS; Sayed-el, SAA; Doaa, MAB Efectividad de biofertilizantes con materia orgánica sobre el crecimiento, rendimiento y contenido de nutrientes de plantas de cebolla (Allium cepa L.). EUR. Enterrar. J. Sci.Tech. 2014 , 3 , 115–122.

[7] moldavo, C.; Ianculov, I.; Nicoleta, GH; Delia, D.; Crăiniceanuc, E.; Druga, M.; Liana, A.; Moldovan, GZ Influencia del contenido de clorofila de la cebolla (Allium cepa) después de la adición de selenio y zinc. J. Agroaliment. proc. Tecnología 2009 , 15 , 437–440. [Google académico]

[8] Damian, M.; Gonzales, F.; Quiñones, P.; Terán, J. 2018. Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo. Arnaldoa 25: 141-158-.

[9] Reyes, J.; Luna, R.; Reyes, M.; Yépez, A.; Abasolo, F.; Espinosa, K.; López, R.; Vázquez, V.; Zambrano, D.; Cabrera, D.; Torres, J. 2017. Uso del humus de lombriz y jacinto de agua sobre el crecimiento y desarrollo del pepino (Cucumis sativus, L). Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud 19: 30-35.

[10] Wu, D.; Feng, Y.; Xue, L.; Liu, M.; Yang, B.; Hu, F.; Yang, L. 2019. Biochar Combined with Vermicompost Increases Crop Production While Reducing Ammonia and Nitrous Oxide Emissions from a Paddy Soil. Pedosphere 29: 82-94.

[11] Mora Cevallos, J.C., 2015. Abonos orgánicos en el cultivo de cebolla roja (Allium cepa L.) en la Finca Glantina Cantón Buenafe [en línea]. S.l.: Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Disponible en: https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1494/1/T-UTEQ-0157.pdf.

[12] Fababa Mori, L.F., 2012. Efecto de cinco dosis de humus de lombriz en el cultivo de cebolla roja (Allium cepa L.) en suelos ácidos, sector Aucaloma - Lamas - Perú [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/1156/ITEM%4011458-414.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

[13] Bello Moreira, I., Vera Delgado, H., Vera Baque, C., Macías Chila, R., Anchundia Muentes, X. Y Avellán Chanca, M., 2016. Fertilización foliar con Biol en cebolla de bulbo (Allium cepa l.) valorando rendimiento. Ciencias Agronómicas, vol. 28, pp. 17-25. ISSN 2250-8872.

[14] Cáceres, J.M. Y Suquilanda V., M.B., 2017. Evaluación del efecto de Thrichoderma harzianum y bocashi en la producción de cebolla (Allium cep) utilizando el método de investigación participativa en el canton Santa Isabel, Azuay como un sistema alternativo de producción [en línea]. S.l.: Universidad de Cuenca. Disponible en: http://www.dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/1143/1/125.pdf.

[15] Alvarez, M., Casas Choque, D.A. Y Yupanqui Condori, G., 2020. Aplicación de reguladores de crecimiento sobre el rendimiento de cebolla roja Ilabaya (Allium cepa). Ciencia & Desarrollo [en línea], vol. 19, no. 26, pp. 61-67. ISSN 2617-6033. DOI 10.33326/26176033.2020.26.933. Disponible en: http://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/933.

[16] Pinzón S., E.H., Munevar G. O.E., Cruz R., E.F. Y Torres H., D.F., 2019. Efecto de una fuente alterna de fosforo en la producción de cebolla de bulbo (Allium cepa L.) bajo condiciones de campo. Revista de Investigación Agraria y Ambiental [en línea], vol. 10, no. 2, pp. 51-62. ISSN 2145-6453. DOI 10.22490/21456453.2545. Disponible en: http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2545.

[17] Ancco-Oliva, I., 2016. Efecto del consorcio Azospirillum sp. y Azotobacter sp. en el crecimiento y producción del cultivo de Allium cepa L. Var. amarilla «cebolla» en condiciones de campo los pichones-Tacna. S.l.: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna.

[18] Amaya-Robles, J.E. Y Méndez-García, E.F., 2013. Respuesta de niveles crecientes de NK en la producción de cebolla (Allium cepa L.) var. "Roja Arequipeña". Scientia Agropecuaria, vol. 4, no. 1, pp. 15-25. ISSN 2077-9917.

[19] Megarejo, A., Meyer, I.C., Hennig, H. Y Waller, J., 2010. Guia para el cultivo de cebolla en misiones. 2010. S.l.: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

C&T Riqchary
Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología
ISSN: 2810-8124 (en línea) / ISSN: 2706-543x

Vol. 4 Núm. 1 (2022)
Publicado:05/11/22
DOI: https://doi.org/10.57166/riqchary/v4.n1.2022.87

Fertilización con humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L)

Fertilization with earthworm humus (Eisenia foetida) in the vegetative growth of the potato crop (Solanum tuberosum L)

Celinda Alvarez_Arias [A], Aydeé Kari_Ferro[B] Nora G, Echegaray_Peña[C] , Rosa Huaraca_Aparcol[D] , Niki F. Flores Pacheco[E] , Juan S. Barreto_Carbajal[F]

0000-0003-1585-4001[A], 0000-0001-7598-7450[A] y 0000-0001-8664-1535[C] 0000-0003-4493-7754 [D] 0000-0002-2772-0951[E] y 0000-0002-3512-6856[F]

(Recepción: 15/08/2022 y aceptacion 01/12/2022)

Resumen— El objetivo de la investigacion fue evaluar la respuesta de la aplicación localizada de humus de lombriz en el cultivo de papa variedad Canchán INIA. El estudio se realizo en la provincia de Grau del departamento de Apurímac. Las variables de estudio fueron el crecimiento vegetativo representado por los indicadores: porcentaje de emergencia, porcentaje de brotes laterales, altura de planta entre los periodos y el número de tallos entre los 30, 60 y 90 días después de la siembra. Con un diseño de bloques completamente al azar. Los resultados muestran que existe diferencias significativas (Sig.<0.05) entre los tratamientos siendo la aplicación localizada de humus de lombriz a 0.5 Kg/planta con mayores promedios de emergencia en 91.25%; porcentaje de brotes laterales de 95%; alturas de planta entre 32.7575 cm a los 60 después de la siembra hasta 42.6275 cm a los 90 días después de la siembra y número de tallos entre 3.7750 (60 dds) y 3.75 (90 dds). En conlcusion la aplicación localizada de humus de lombriz a 0.5 Kg/planta tiene mejor efecto en los parámetros productivos del cultivo de papa frente a la aplicación al voleo de 2 Kg/m^2 de humus de lombriz.

.**Palabras clave:** Rendimiento, humus de lombriz, tuberculo, crecimiento vegetativo.

Abstract— The objective of the research was to evaluate the response of the localized application of earthworm humus in the potato crop of the Canchán INIA variety. The study was carried out in the Grau province of the Apurimac department. The study variables were the vegetative growth represented by the indicators: percentage of emergence, percentage of lateral shoots, plant height between periods and the number of stems between 30, 60 and 90 days after sowing. With a completely randomized block design. The results show that there are significant differences (Sig.<0.05) between the treatments, being the localized application of earthworm humus at 0.5 Kg/plant the highest averages of emergence and lateral shoots of 95%. The results in the yield parameters are reported greater than 0.5 Kg/plant, among which the tuber yield of 32.1525 t/ha stands out, tuber weight per plant of 868.1375 g/plant, tuber diameters between 36.58 mm to 42.7175 mm and 13.9625 tubers/plant. In conclusion, the localized application of earthworm humus at 0.5 kg/plant has a better effect on the productive parameters of the potato crop compared to the broadcast application of 2 kg/m2 of earthworm humus.

Keywords: Yield, worm humus, tuber, vegetative growth.

A. Celinda Alvarez_Arias, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, calvarez@unamba.edu.pe
B. Aydeé Kari_Ferro, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, akari@unamba.edu.pe
C. Nora G. Echegaray_Peña, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, nechegaray@unamba.edu.pe
D. Rosa Huaraca_Aparco, Universidad Nacional José María Arguedas rhuaraca@unajma.edu.pe
E. Niki F- Flores_Pacheco, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, nflores@unamba.edu.pe
F. Juan S. Barreto_Carbajal, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, jcarbajal@unamba.edu.pe

1 Introducción

Para mantener la fertilidad del suelo y aumentar la producción de cultivos, El humus de lombriz se han utilizado en la agricultura durante mucho tiempo [1 , 2 , 3]. Este abono orgánico aporta nutrientes y carbono orgánico al suelo, pero no de forma muy eficiente [4]. Se cree que el humus de lombriz ofrece una ruta por la cual los desechos orgánicos pueden estabilizarse en gran medida, convirtiéndolos en un fertilizante terminado [5]. Se pueden lograr fines similares con el compostaje, pero el compostaje es un proceso que consume mucha energía y se sabe que el valor fertilizante de los compostes es inferior al del Humus de Lombriz [6, 7,8,9].

Tanto el compostaje como el vermicompostaje implican la descomposición biológica de desechos orgánicos para producir un fertilizante orgánico estabilizado. El compostaje, es dada por una lombriz que facilita la acción microbiana sobre los desechos. Esto ocurre porque los desechos están expuestos a ciertas bacterias y enzimas presentes en el intestino de las lombrices que no están disponibles durante el compostaje u otros procesos de degradación biológica y que otorgan atributos especiales a un vermicompost (VC). Al ingerir pedazos de desechos, las lombrices de tierra los trituran con sus mollejas, aumentando así su área de superficie múltiple y haciéndolos mucho más susceptibles a la acción microbiana y enzimática de lo que eran [5]. A medida que los desechos masticados pasan a través del intestino de una lombriz de tierra, las enzimas y los microorganismos presentes en el intestino actúan sobre ellos para que se biodegraden extensamente [10, 11, 12, 13]. El sustrato también adquiere algunas de las enzimas y microorganismos, así como algunas de las hormonas, presentes en el intestino de la lombriz, ya que es excretado por la lombriz en forma de vermicast. Durante este vermicompostaje, el 50 ± 10% del carbono orgánico presente en el sustrato original se mineraliza y se emite en forma de dióxido de carbono. Debido a esto, la concentración de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes principales, medios y trazas aumenta en el VC en relación con el sustrato original. La mineralización causada por la biodegradación también hace que estos nutrientes estén más biodisponibles de lo que estaban en el sustrato original.

En este entorno el abonamiento con fuentes orgánicas como humus de lombriz se convierte en una alternativa viable. Numerosos estudios sobre la utilización de humus de lombriz aseveran los beneficios de su aplicación al suelo, mejorando sus características físico-químicas y biológicas, e incrementando los rendimientos de diferentes cultivos [14]

Sin embargo, aunque existen varios informes que han demostrado que el humus de lombriz estimuló la germinación de semillas [15], apoyó el crecimiento de las plantas y mejoró el rendimiento y la calidad de los frutos [16] de varias especies de plantas, también hay informes que describen que humus de lombriz no tuvo ningún efecto beneficioso o tuvo un efecto perjudicial [17]. En este contexto la investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del abonamiento con humus de lombriz sobre el rendimiento, calidad y rentabilidad del cultivo de papa (Solanum tuberasum L.) variedad Canchan INIA

2 Materiales y Métodos

2.1 Lugar de investigación

La investigación se desarrolló en la comunidad del distrito de Chuquibambilla -Grau-Apurímac, con un espacio temporal de duración de 06 meses calendarios. La población muestral estuvo constituida por 576 plantas de papa de la variedad Canchan INIA en un número de 3360 unidades, en un área total de 100.80 m2. La determinación de la muestra se realizó en los surcos centrales de cada unidad experimental tomando al azar 20 plantas de papa

Acondicionamiento de los materiales, insumo y equipos. El humus de lombriz fue adquirido de la quinta agroecológica Llañucancha del distrito de Abancay, la semilla de papa fue adquirida de la Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigación – INIA de Andahuaylas, Apurímac, los insumos y herramientas manuales para la conducción del cultivo fueron de origen local

Preparación del terreno. El proceso de preparación consistió en la limpieza del terreno, Muestreo del suelo, Riego, Arado, rastrado y surcado, siembra, Abonamiento, fertilización, control de plagas y cosecha.

Emergencia. Se evaluó a partir de los 15 hasta los 30 días después de la siembra, en este periodo se ha observado que mas del 70% de las plantas han brotado. Los datos se registraron en las fichas elaboradas previamente contando el número de plántulas sobre la superficie respecto del número de tubérculos instalados en cada bloque

Altura de planta. Se midió con una wincha de 3 m, desde la unión del tallo con el camellón del suelo hasta el ápice de la planta, las mediciones fueron realizas en las plantas de los surcos centrales a los 30, 60 y 90 días después de la siembra. Los datos fueron promediados y registrados en las fichas elaboradas previamente

Número de tallos y brotes laterales. Las evaluaciones se llevaron a cabo conjuntamente con la altura de planta (30, 60 y 90 dds) consistió en contar la cantidad de tallos principales brotados por cada tubérculo semilla. Los brotes se evaluaron a los 35 días, se contabilizó y se registró el número de brotes del tallo principal

Cantidad y peso de tubérculos por planta. Se realizó en la cosecha tomando las plantas de los surcos centrales, se utilizó la técnica de la observación y conteo a los 129 dds. El peso se realizó durante la cosecha (129 dds), el método fue la observación y medición, el instrumento utilizado fue la balanza de precisión, los datos fueron registrado como el promedio de las mediciones por unidad experimental en las fichas elaboradas previamente.

Análisis estadístico. Se utilizaron el análisis de varianza de una vía (ANOVA) y la prueba de rangos múltiples de Tukey al 95% de confianza; todos los resultados se midieron tres veces.

3 Resultados

Efecto de la fertilización localizada con humus de lombriz en el crecimiento vegetativo del cultivo de papa. El crecimiento vegetativo del cultivo de papa fue determinado mediante el porcentaje de emergencia, número de brotes laterales, altura de planta y número de tallos, los resultados después de procesar los datos se describen a continuación.

TABLA 1. Estadísticos descriptivos de la emergencia y brotes laterales del cultivo de papa

Tratamientos	Altura de planta (cm)					
	30 días		60 días		90 días	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
T1. 2 Kg/m² de Humus de Lombriz al voleo	5.923	1.751	27.413	2.463	36.623	6.824
T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz Localizada	6.993	1.240	31.878	3.246	42.628	6.705
T3. Testigo	5.953	0.840	27.630	2.358	32.758	7.230

Según la tabla 1 y gráfico 1, se puede observar que el mayor porcentaje de emergencia se logró con la aplicación de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz (T2 aplicación localizada), con un valor de 91.250%, luego el tratamiento T1 con 2 Kg/m2 de humus de lombriz (T1 aplicación al voleo) con 87.500% dichos porcentajes de emergencia son mayores comparado con el tratamiento testigo (T3). Sin aplicación de humus de lombriz) que alcanzó el 83.750% de emergencia en el cultivo de papa, también se pude indicar que la mayor homogeneidad en la emergencia fue para el tratamiento T2 con (± 4.787%) y el que logró mayor dispersión fue el tratamiento T3 (±10.480%). La aplicación de 0.5 Kg/planta de humus de lombriz en forma localizada mostró mayor porcentaje de brotes laterales con un 95% y una dispersión de ± 4.082% lo que indicaría que induce a mayor brotación y mas homogénea en comparación con el tratamiento T1 (2 Kg/m2 de humus de lombriz al voleo) que alcanzó 90% de brotes laterales con una dispersión de ±10.801%, a su vez, éste tratamiento sería mejor que el testigo que obtuvo 86.250% de brotes laterales con una dispersión de ± 6.292%.

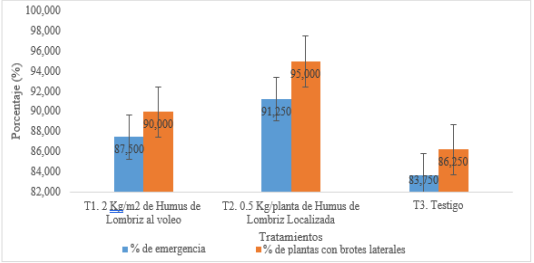


Figura 1. Histograma de frecuencias de la emergencia y el porcentaje de brotes laterales en el cultivo de papa.

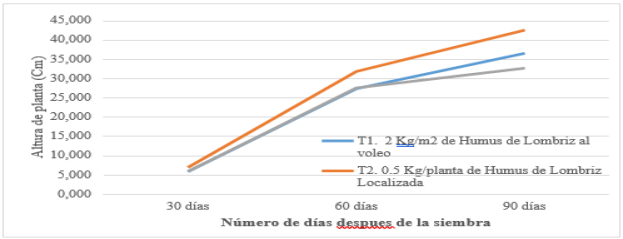
La altura de planta fue evaluada entre momentos durante el periodo vegetativo del cultivo de papa, se tomo la distancia desde la unión del tallo con el camellón hasta el ápice de la planta, los resultados se muestran en la tabla 2 y gráfico 1.

TABLA 2. Estadísticos descriptivos de la altura de planta a los 30, 60 y 90 días según tratamientos

Tratamientos	% de emergencia		% de plantas con brotes laterales	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
T1. 2 Kg/m² de Humus de Lombriz al voleo	87.500	10.408	90.000	10.801
T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz localizada	91.250	4.787	95.000	4.082
T3. Testigo	83.750	6.292	86.250	6.292

Según la tabla 2, la mayor altura de planta se obtiene al aplicar 0.5 Kg/planta de humus de lombriz en forma localizada (T2) el cual se mantiene también para los 60 y 90 días con valores de 6.993 cm, 31.878 cm y 42.628 cm respectivamente, además dichas alturas son más homogéneas que varían desde ±1.240 cm a ±6.705 cm, la aplicación de humus de lombriz a razón de 2 Kg/m2 al voleo (T1), inducen similar crecimiento de plantas que el tratamiento testigo (T3) hasta los 60 días después de la siembra (Fig. 14), a partir del cual se diferencia siendo el tratamiento T1, que logra mayor altura de plantas (36.623 cm) comparado con el testigo (T3) cuyo valor alcanza a 32.758 cm a los 90 días después de la siembra.

Figura 2. Perfil histograma de la altura de planta a los 30, 60 y 90 días



Respecto al número de tallos, se observa en la tabla 2 y figura 2, que la aplicación de 0.5 Kg/m² de humus de lombriz de manera localizada se diferencia con mayor número de tallos promedio incrementándose desde 1.950 a los 30 días a 3. 775 a los 60 días y 3. 750 a los 90 días después de la siembra.

TABLA 3. Estadísticos descriptivos del número de tallos por planta a los 30, 60 y 90 días

Tratamientos	Número de tallos por planta					
	30 días		60 días		90 días	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
T1. 2 Kg/m² de Humus de Lombriz al voleo	1.788	0.352	3.000	0.000	3.000	0.000
T2. 0.5 Kg/planta de Humus de Lombriz Localizada	1.950	0.235	3.775	0.450	3.750	0.500
T3. Testigo	2.748	2.099	2.975	0.050	3.000	0.000

La aplicación del humus de lombriz a razón de 2 Kg/m² al voleo (T1) induce a semejante cantidad de tallos que el tratamiento testigo (T3) a los 60 y 90 días después de la siembra (Fig. 15), a su vez que su comportamiento es mas homogéneo al juzgar por las desviaciones estándar que van desde 0.00 desviaciones estándar hasta ±0.352 desviaciones estándar en el tratamiento T1 y desde 0.00 hasta 2.099 desviaciones estándar en el tratamiento T3.

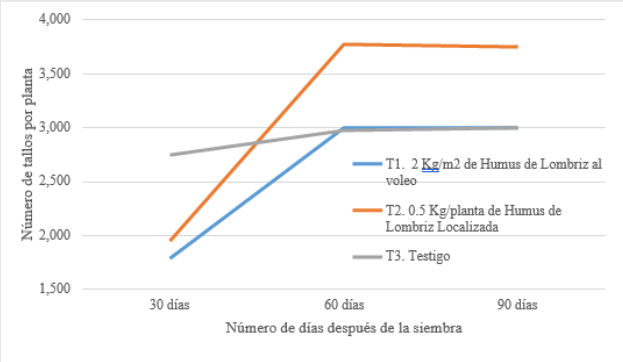


Figura 3. Perfil histograma del número de tallos a los 30, 60 y 90 días

4 Discusión

En función de los resultados de las variables se realizan las discusiones siguientes:

Emergencia. El porcentaje de emergencia obtenido en el ensayo se encuentra entre 83.75% a 91.25% no habiendo diferencias significativas entre los tratamientos, debido a que el proceso de brotación obedece a otros factores como refiere Vignola et al. [18] la brotación esta relacionada a las condiciones de almacenamiento y estado de brotes de la semilla, a ello se suma las condiciones de temperatura y humedad existentes en el suelo que producen "cambios bioquímicos" en el tubérculo semilla para dar una nueva planta dando inicio al crecimiento acelerado de raíces y posterior emergencia de tallos y hojas, según Mamani Linares [19] la brotación ocurre entre 15 a 30 días después de la instalación con porcentajes de 80% a 90%, valores similares obtenidos en las unidades experimentales.

Brotes laterales. El promedio de plantas con brotes laterales obtenido fue entre 86.25% a 95% no encontrando efecto atribuible (Sig. > 0.05) a la aplicación de humus de lombriz (tratamientos) según la prueba de Tukey, valores similares fueron obtenidos por Huamán [20] con 85,26% a 8,36% de brotación, según Mamani [19] el número de brotes depende del "tamaño del tubérculo y de la reserva de hidratos de carbono", Vignola et al. [18] afirma que los brotes laterales pueden diferenciarse por afectación de déficit hídrico y condiciones químicas del suelo como salinidad y condiciones física del medio ambiente como "radiación solar" y por afectación de plagas especialmente Liriomyza sp, por tanto los resultados de la investigación son coherentes con la teoría ya que el humus de lombriz no tiene efecto sobre los brotes laterales del cultivo de papa.

Altura de planta. Se evaluó la altura de planta a los 30, 60 y 90 días después de la siembra, dichos periodos de evaluación son similares a las periodos evaluados por Contreras Liza [21]; Díaz Chilcon [22] quienes reportan alturas de planta variables, por ejemplo para la especie S. Andigenum reportaron el mayor tamaño de 52.21 cm, luego S. Curtilobum Juz et Buk de 42.54 cm, después S. Stenotum Just et Buk de 37.74 cm y S. juzepczukii Buk de 30.23 cm, por su parte el (INIA 2012) reporta una altura de 90 cm para la variedad Canchan INIA en su estado de madurez (90 dds), dichas alturas se encuentran dentro del rango de la presente investigación cuyos valores de altura para los 90 días después de la siembra van desde 32.7575 cm hasta 42.6275 cm. La aplicación de humus de lombriz evidenció diferencias significativas en la altura de planta a partir de los 60 días, esto se explica por la disponibilidad de nutrientes existen en el humus de lombriz, tal como menciona Cutipa Chura [23] el humus de lombriz se encuentra parcialmente humificada por tanto, otorga los nutrientes a la planta y mejora la capacidad de retención del agua en el suelo que favorece el desarrollo radicular y el crecimiento de las plantas, Mamani Linares [19] menciona que la variabilidad de la altura de planta se debe a la fertilización y a las características físicos químicos y microbiológico del suelo lo cual es coherente con lo que manifiesta Suquilanda Valdivieso [28] que menciona, el humus de lombriz "aplicados al suelo favorecen a las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo".

Numero de tallos. El número de tallos mostró diferencias significativas (Sig.<0.05) a partir de los 60 días después de la siembra siendo el tratamiento T2 (aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta) que mostró mayores promedios con 3.7750 (60 dds) y 3.75 (90 dds) frente al tratamiento T3 (testigo) que mostró un promedio de 2.975 (60 dds) y 3.00 (90 dds), Morales Guevara et al. (2015) no encontró diferencias significativas en el número de tallos a los 30 días posteriores a la plantación, lo cual es similar a los resultados encontrados en la presente investigación, la diferenciación en el número de tallos se establece a partir de los 60 días, lo que se puede explicar mediante Morales Guevara et al. [24] quien manifiesta que después de la emergencia las plantas entran en periodo de rápido crecimiento Mamani Linares [19] indica el número de tallos se relaciona con el número de tubérculos por tanto con los rendimientos de la producción, por lo cual recomienda "romper la dominancia apical" para promover el crecimiento de tallos laterales, Cutipa

Chura [23] también indica que el número de tallos puede contribuir favorablemente sobre los rendimientos a su vez depende del número de brotes.

Peso de tubérculos por planta. Se encontró diferencias significativas en el peso de tubérculos por planta (Sig.<0.05) siendo el tratamiento T2 (aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta) que obtuvo mejores resultados con promedios de 868.1375 g/planta, frente al tratamiento T3 (testigo) que obtuvo 351.0425 g/planta; los resultados se encuentran dentro del rango obtenido por Cutipa Chura [23] quien, con la aplicación de 1.5 t/ha de humus de lombriz reporta entre 600 a 650 g/planta y con 2 t/ha de humus de lombriz reporta 670 a 700 g/planta, el incremento del peso en los tubérculos por planta esta relacionada a la extracción de nutrientes del suelo explicado según Cutipa Chura [23] menciona que para la obtención de una tonelada de papa en una hectárea se requiere de "4.93 Kg de N, 51.51 Kg de P2O5 y 8.59 Kg de K2O y 0.94 Kg de MgO" dicha información tiene respaldo enCondori y Borda [25] quien menciona la papa es exigente en nutrición mineral.

Diámetro de tubérculo. No se encontraron diferencias significativas en el diámetro de tubérculos (Sig.>0.05), los resultados muestran rangos entre 36.58 mm a 42.7175 mm, los resultados son cercanos a los obtenidos por Luna Murillo et al. [26] quien reporta diámetros entre 51.2 mm a
53.8 mm con la aplicación de gallinaza, Benavides Rodríguez [27] clasifica los tubérculos de acuerdo a su diámetro reportando las siguientes escalas: primera > 40 mm, segunda entre 20 a 40 mm de diámetro y tercera > de 20 mm, de acuerdo con ello, los resultados de la presente investigación al aplicarse humus de lombriz se clasifican como tubérculos de primera y con el testigo se clasifica en tubérculos de segunda categoría.

Número de tubérculos por planta. Se encontró diferencias significativas en el número de tubérculos por planta (Sig.<0.05), la aplicación localizada de humus de lombriz de 0.5 Kg/planta (T2) obtuvo el mayor promedio de 13.9625 tubérculos/planta y el tratamiento T3 (testigo) obtuvo 7.6250 tubérculos/planta dichos promedios se encuentran cercanos a los rangos reportados por Benavides Rodríguez [27] quien, con la aplicación de 15 h/ha de humus de lombriz encontró 16 tubérculos/planta y en orden decreciente según disminuye la aplicación de humus de lombriz reporta 12 tubérculos/planta para el tratamiento testigo, Lujan Meregildo [29] reportó 18 tubérculos/planta con la aplicación de 3 t/ha de humus de lombriz y 8 tubérculos/planta para el testigo, la cantidad de tubérculos por planta puede ser explicado según Cutipa Chura [23] quien menciona la "expresión de mayor número de tubérculos por planta requieren mayores dosis de abonos orgánicos" también Díaz Chilcon [22] encontró que la deficiencia en la disponibilidad de nutrientes se traduce en el "desarrollo escaso y clorótico de la planta" que reduce el número de tubérculos por planta y el tamaño de éste.

5 Conclusión

El crecimiento vegetativo del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.), variedad Canchan INIA con la aplicación de humus de lombriz (Eisenia foetida) tiene efecto significativo (Sig. < 0.05) sobre los indicadores del crecimiento vegetativo del cultivo de papa siendo la aplicación localizada en la dosis de 0.5 Kg/planta la que adjudica los mayores promedios en: i) porcentaje de emergencia de 91.25% frente a 83.75% del tratamiento testigo; ii) brotes laterales de 95% frente a 86.25% del tratamiento testigo; iii) alturas de planta entre 6.9925 cm (30 dds) a 42.6275 cm (90 dds) frente a 5.9525 cm (30 dds) a 32.7575 cm (90 dds) y iv) número de tallos promedio entre 1.95 (30 dds) a 3.75 (90 dds) frente a 2.74 (30 dds) a 3.00 (90 dds).

Referencias

[1] Sinha, RK; Herat, S.; Chauhan, K.; Valani, D. Número especial: Lombricultura y agricultura sostenible. *Soy. Euroasiático J. Agric. Reinar. ciencia* **2009** , *5* , 1–55.

[2] SIM, EYS; Wu, TY La reutilización potencial de los desechos sólidos municipales biodegradables (MSW) como materia prima en el vermicompostaje. *J. Ciencia. Alimentación Agrícola.* **2010** , *90* , 2153–2162.

[3] Quilty, JR; Ganado, SR Uso y comprensión de enmiendas orgánicas en la agricultura australiana: una revisión. *Suelo Res.* **2011** , *49* , 1–26

[4] Palma, CA; Gachengo, CN; Delve, RJ; Cádiz, G.; Giller, KE Insumos orgánicos para el manejo de la fertilidad del suelo en agroecosistemas tropicales: Aplicación de una base de datos de recursos orgánicos. *agricola ecosistema Reinar.* **2001** , *83* , 27–42.

[5] Edwards, California; normando, control de calidad; Sherman, R. *Tecnología de lombricultura, lombrices de tierra, residuos orgánicos y gestión ambiental* ; CRC Press: Boca Raton, FL, EE. UU., 2011; págs. 17–19.

[6] Gajalakshmi, S.; Abbasi, SA Gestión de residuos sólidos mediante compostaje: Estado del arte. *crítico Rev. Medio Ambiente. ciencia Tecnología* **2008** , *38* , 311–400.

[7] Abbasi, T.; Gajalakshmi, S.; Abbasi, SA Hacia el modelado y diseño de sistemas de vermicompostaje: Mecanismos de compostaje/vermicompostaje y sus implicaciones. *Indio J. Biotechnol.* **2009** , *8* , 177–182.

[8] Shanmugasundaram, R.; Jeyalakshmi, T.; Saravanan, M.; Mohan, SS; Goparaju, A.; Murthy, PB Influencia de algunos desechos biológicos y su combinación en el potencial de crecimiento y reproducción de la lombriz de tierra, *Eisenia fetida* y su efecto en el crecimiento de las plantas. *En t. J. Medio Ambiente. Gestión de residuos* **2013** , *11* , 387–398.

[9] Duggan, T.; Jones, P. Lechuga (*Lactuca sativa* 'Webb's Wonderful') crecimiento de brotes y raíces en diferentes grados de compost y compost vermicompostado. *Acta hortícola.* **2016** , *1146* , 33–40.

[10] Lattaud, C.; Zhang, BG; Locati, S.; Rouland, C.; Lavelle, P. Actividades de las enzimas digestivas en el intestino

y en el cultivo de tejidos de una lombriz geofaga tropical, *Polypheretima elongata* (Megascolecidae). *Biol. del suelo Bioquímica* **1997** , *29* , 335-339.

[11] Pathma, J.; Sakthivel, N. Diversidad microbiana de bacterias de vermicompost que exhiben rasgos agrícolas útiles y potencial para el manejo de desechos. *SpringerPlus* **2012** , *1* , 26

[12] Ravindran, B.; Contreras-Ramos, SM; Sekaran, G. Cambios en las enzimas asociadas al intestino de lombriz de tierra y la diversidad microbiana en el tratamiento de residuos de curtiduría fermentados usando lombriz de tierra *epigea Eudrilus eugeniae* . *Ecol. Ing.* **2015** , *74* , 394–401.

[13] Dadkhah, A.; Dashti, M.; Rassam Gh Fatemi, F. Efecto de fertilizantes orgánicos y biológicos sobre el crecimiento, rendimiento y aceite esencial de *Salvia Leriifolia* . *Zeitschrift fur Arznei- und Gewurzpflanzen* **2017** , *22* , 9–13.

[14] Villegas-Cornelio, V. M., & Laines Canepa, J. R. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *8*(2), 393-406.

[15] Lazcano, C.; Domínguez, J. Efectos del vermicompost como enmienda para macetas de dos especies de plantas ornamentales cultivadas comercialmente. *Lapso. J. Agric. Res.* **2010** , *8* , 1260–1270.

[16] Doan, TT; Henry-des-Tureaux, T.; Rumpel, C.; Janeau, JL; Jouquet, P. Impacto del compost, vermicompost y biocarbón en la fertilidad del suelo, el rendimiento del maíz y la erosión del suelo en el norte de Vietnam: un experimento de mesocosmos de tres años. *ciencia Entorno Total.* **2015** , *514* , 147–154

[17] Luján-Hidalgo, MC; Gómez-Hernández, DE; Villalobos-Maldonado, JJ; Abud-Archila, M.; Montes-Molina, JA; Enciso-Saenz, S.; Ruiz-Valdiviezo, VM; Gutiérrez-Miceli, FA Efectos de vermicompost y vermiwash en la planta, el contenido fenólico y la actividad antioxidante de Mexican Pepperleaf (*Piper auritum* Kunth) cultivada en macetas con roca fosfórica. *Ciencia del compost. útil* **2017** , *25* , 95–101

[18] Vignola, R., Watler, W., Vargas Céspedes, A. Y Morales, M., 2017. Ficha técnica: Cultivo de Papa. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA [en línea], vol. 0, no. 0, pp. 1-78. Disponible en: http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos- climaticos/Informe-final-papa.pdf.

[19] Mamani Linares, A.W., 2019. Efecto de diferentes pesos de tubérculos semilla en el rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) variedad única en el CEA III Los Pichones [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna. Disponible en: http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3697/1619_2019_mamani_linar es_aw_fcag_agronomia.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

[20] Huamán Huamán, E., Juarez Contreras, L.D.P., Neri Chavez, J.C. Y Collazos Silva, R., 2017. Aplicación de la giberelina (Ryz up), para inducir la brotación en tubérculos de la papa (Solanum tuberosum) variedad canchán INIA. Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable [en línea], vol. 1, no. 2, pp. 17. ISSN 2520-9760. DOI 10.25127/aps.20172.358. Disponible en: http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/358.

[21] Contreras Liza, S.E., Custodio Laura, J.C. Y Zúñiga Dávila, D.E., 2019. Efecto de inoculantes bacterianos sobre el comportamiento agronómico de tres variedades de papa en Cañete. TAYACAJA [en línea], vol. 2, no. 1, pp. 97-110. ISSN 2617-9156. DOI 10.46908/rict.v2i1.42. Disponible en: http://revistas.unat.edu.pe/index.php/RevTaya/article/view/42.

[22] Díaz Chilcon, O., 2018. *Efecto de 12 niveles de fertilización N-P-K en el rendimiento del cultivo de papa, variedad INIA 302 amarilis (Solanum tuberosumL.), en el sector San Juan, distrito de Cutervo 2017* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Disponible en: https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/3478/BC-TES-TMP-2289.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

[23] Cutipa Chura, Z., 2007. Efecto de excreta de lombriz y biol Vs fertilizantes químicos sobre rendimiento y calidad de tubérculos de papa nativa (Solanum tuberosum spp andigena) [en línea]. S.l.: Universidad Nacional del Altiplano. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/604/EPG204-00218- 01.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

[24] Morales Guevara, D., Torres Hernández, L., Jerez Mompié, E., Falcón Rodríguez, A. Y Dell'amico Rodríguez, J., 2015. Efecto del Quitomax en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.). Cultivos Tropicales [en línea], vol. 36, no. 3, pp. 133-143. ISSN 1819-4087. Disponible en: http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36n3/ctr20315.pdf.

[25] Condori Vargas, M. Y Borda Jeri, A., 2014. *Influencia del humus de lombriz en el rendimiento de la papa (Solanum tuberosum) variedad única en la zona yunga - La Cantuta durante el año 2011* [en línea]. S.l.: Universiad Nacional Enrique Guzmán y Valle. Disponible en: https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/120/TESIS 016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

[26] Luna Murillo, R., Espinosa Cunuhuay, K., Trávez Trávez, R., Ulloa Méndez, C., Espinoza Coronel, A. Y Bejarano Albornoz, A., 2016. Respuesta de variedades de papa (Solanum tuberosum, L) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química. Ciencias agrarias [en línea], vol. 9, no. 1, pp. 11-16. ISSN 1390-4043. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5609375.

[27] Benavides Rodriguez, E., 2019. Rendimiento de la papa (Solanum tuberosum, grupo Phureja), Cultivar amarilla

redonda, con tres dosis de humus y tres niveles de bio-estimulante foliar [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Cajamarca. Disponible en: http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1147/Tesis-Ronald_Alcántara- Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

[28] Suquilanda Valdivieso, M.B., 2009. Producción orgánica de cultivos andinos [en línea]. Lima, Perú: s.n. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_org anica_de_cultivos_andinos.pdf.

[29] Luján Meregildo, Y.E., 2018. Efecto de tres dosis de "humus de lombriz" Eisenia foetida (Lumbricidae) y tres dosis de estiércol de "Vacuno" Bos taurus (Bovidae) en el rendimiento del cultivo de "Papa" Solanum tuberosum L. (Solanaceae) var. serranita en la Provincia Otuzco - Región La [en línea]. S.l.: Universidad Privada Antenor Orrego. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.12759/3662.