



INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



Juan Carlos Gómez Villalva.

Fernando Javier Cobos Mora.

María Bernarda Ruilova Cueva.

Julio Camilo Salinas Lozada.



ISBN: 978-9942-606-15-0



INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
ISBN: 978-9942-606-15-0 (eBook)

Editado por:

Universidad Técnica de Babahoyo
Avenida Universitaria Km 2.5 Vía a Montalvo
Teléfono: 052 570 368
© Reservados todos los derechos 2023

Babahoyo, Ecuador
www.utb.edu.ec
E-mail: editorial@utb.edu.ec

Este texto ha sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos.

Diseño y diagramación, montaje y producción editorial
Universidad Técnica de Babahoyo

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

Queda prohibida toda la reproducción de la obra o partes de la misma por cualquier medio, sin la preceptiva autorización previa.

PRESENTACIÓN

Escribir un libro no es tarea fácil, revisar y editar el libro se hace más complejo cuando las personalidades intrínsecas de los autores son diferentes. Pero despertar esa luz para que brille en la imaginación, en la creatividad y sobre todo en la perseverancia de los protagonistas ha hecho más interesante este proceso. La investigación es el trabajo creativo y sistemático realizado para aumentar el acervo de conocimientos. Implica la recopilación, organización y análisis de información para aumentar la comprensión de un tema o problema. Un proyecto de investigación puede ser una expansión del trabajo anterior en el campo (Delgado et al., 2020). Producir conocimiento, es responder a una inquietud, en este caso empezó con indagar ¿Cuáles son las competencias que un investigador debe reunir para presentar un trabajo de calidad? Desde luego al ser conscientes que es un tema que se viene discutiendo en el escenario académico desde hace tiempo, los autores del libro iniciaron una perenne búsqueda de cuanta información pudiera existir. El libro “Investigaciones agropecuarias” es un documento para aquellos estudiantes y público en general que están en la necesidad de aprender a investigar ya sea para afianzar los conocimientos adquiridos o para realizar sus trabajos de titulación en cualquiera de las modalidades que se exigen en la actualidad. Es importante resaltar la variedad de investigaciones presentadas en formato de artículo científico realizado por diferentes profesionales en cada una de sus áreas respectivas, se presentan trabajos realizados en la parte pecuaria, agrícola y también en animales de compañía, cada uno de los trabajos presentados le dan un enfoque con diferentes alternativas de como plantear una investigación así, como el uso de algunos recursos en la presentación de los resultados utilizando las normas de redacción adecuadas. El contenido que exalta esta obra es confiable, innovador y posee conocimientos, habilidades y actitudes que todo ser humano que incursiona en la tarea investigativa necesita consultar. Desde una perspectiva propia la leída de los contenidos, nos incitan a ejecutar una reflexión académica en épocas donde poseemos abundancia de información pero estamos carentes de formación, nos invita a dialogar con nosotros mismos en nuestro papel de investigadores, nos acerca a una realidad que solemos olvidarla cuando nos concentramos en una tesis, en un artículo científico, en escribir una ponencia, en redactar un capítulo de un libro, nos atrae a recapacitar con fundamentos filosóficos, epistemológicos, metodológicos y técnicos.

Ph.D. Juan Carlos Gómez Villalva.

Docente-Investigador de la Universidad Técnica de Babahoyo.

EDITORES:



Ph.D. Juan Carlos Gómez Villalva
Docente carrera de Medicina Veterinaria
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Técnica de Babahoyo
jgomez@utb.edu.ec



Fernando Javier Cobos Mora
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Técnica de Babahoyo
fcobos@utb.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8462-9022>



María Bernarda Ruilova Cueva
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Técnica de Babahoyo
mruilova@utb.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3750-7385>



Julio Camilo Salinas Lozada
Universidad Técnica de Babahoyo
Docente carrera de Medicina Veterinaria
Facultad de Ciencias Agropecuarias
jsalinasltb.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1187-3344>

CONTENIDO	Pág.
Capítulo I.....	3
Factores de riesgo de toxoplasma gondii y chlamydomphila felis en gatos.	
Nadia Valeria López Paredes.	
Pamela Alejandra Tapia Díaz.	
Juan Carlos Gómez Villalva.	
Capítulo II	51
Helmintos entéricos zoonóticos en animales domésticos urbanos.	
Nadia Valeria López Paredes.	
Joseline Estefanía Saltos Ayala.	
Juan Carlos Gómez Villalva.	
Jimmy Torres Pérez.	
Capítulo III	77
Factores asociados a la mastitis subclínica en bovinos.	
Susana Sánchez de Rojas.	
Iliana Sanches Bermúdez.	
Juan Carlos Gómez Villalva.	
Carmen Vásconez Mántufar.	
Capítulo IV	115
Dinámica de nutrientes en poblaciones de maíz híbridos en suelos Inseptisoles.	
Eduardo Colina Navarrete.	
Kather Sisalema Acosta.	
Gustavo Vásconez Galarza.	
Luis Alcívar Torres.	
Capítulo V	145
Enfermedades en el cultivo de arroz.	
José Mera Pinargote.	
Danilo Santana Aragone.	
Yary Ruiz Parrales.	
Orlando Díaz Romero.	
Capítulo VI.....	182
Producción de pollos Broiler con vinagre en el agua de bebida.	
Lino Fabián Velasco Espinoza.	
Joel Joshue Gaibor Baldeón.	
John Javier Arellano Gómez	
Ketty Beatriz Murillo Cano.	

CAPITULO VII..... 202

Caracterización de pasto Janeiro (*Eriocloa Polystachya*), irradiado con diferentes dosis de rayos gamma (60Co).

Juan Carlos Gómez Villalva
Fernando Javier Cobos Mora
Marlon Darlin López Izurieta
Edwin Stalin Hasang Moran

CAPITULO VIII..... 237

Sustentabilidad en dos sistemas de producción de arroz Yaguachi y CEDEGE

Fernando Javier Cobos Mora
Walter Oswaldo Reyes Borja
Reina Concepción Medina Litardo
Iris Betzaida Pérez Almeida

CAPITULO IX..... 281

Evaluación de la calidad de agua en la subcuenca del Río Babahoyo - Ecuador

Fernando Javier Cobos Mora
Martha Uvidia Vélez
Edwin Stalin Hasang Moran
Reina Concepción Medina Litardo

CAPITULO I

FACTORES DE RIESGO DE *TOXOPLASMA GONDII* Y *CHLAMYDOPHILA FELIS* EN GATOS

Nadia Valeria López Paredes

Universidad Central Del Ecuador
Facultad de medicina veterinaria y zootecnia

Pamela Alejandra Tapia Díaz

Universidad Central Del Ecuador
Facultad de medicina veterinaria y zootecnia

Juan Carlos Gómez Villalva

Universidad Técnica de Babahoyo, FACIAG
Carrera de Medicina Veterinaria

Jimmy Efrén Torres Pérez

Universidad Técnica de Babahoyo FACIAG
Carrera de Medicina Veterinaria,
Docente de anatomía I y II

Palabras claves: *Toxoplasma gondii*, *chlamydomphila felis*.

Resumen

Las enfermedades infecciosas en felinos domésticos se encuentran distribuidas en todo el mundo; el difícil manejo de estos animales no ha permitido tener datos contundentes sobre las mismas. Los gatos tienen la capacidad para desarrollarse en grupos sociales, por lo que pueden transmitir con mayor facilidad cualquier cantidad de microorganismos. Si hablamos de patologías infecciosas que afectan a los gatos, encontramos a la toxoplasmosis, una enfermedad zoonótica, la cual se ha convertido en un problema de salud pública a nivel mundial. *Chlamydomphila felis* es uno de los agentes etiológicos que tiene poco estudio a pesar de ser una bacteria zoonótica que requiere como reservorio a los mamíferos. El poco acceso a pruebas de diagnóstico ha dificultado su identificación y control, por lo que el presente estudio tuvo como objetivo el diagnóstico de las enfermedades antes mencionadas en felinos ubicados en 3 refugios de la ciudad de Quito y el análisis de los factores de riesgo tanto por individuos (edad, género, espacio, raza, vacunación, desparasitación, estado reproductivo, estado de salud) como por refugio (medidas de manejo) que predisponen a los felinos para adquirir estas patologías, utilizando una prueba semi-cuantitativa “dot” ELISA (ImmunoComb® Feline Toxo & Chlamydomphila). En total se muestreo 103 gatos domésticos

de los cuales se determinó una prevalencia del 7,8% para *Chlamydomytila felis* y 27,2% para *Toxoplasma gondii*. En relación a las variables de estudio analizadas mediante la prueba estadística Chi cuadrado, para *Chlamidophyla felis*, ninguna de estas presentó una relación significativa para la presencia de la enfermedad, mientras que para *Toxoplasma gondii*, la edad y el género fueron los factores que mayor relación significativa presentaron en relación a la enfermedad. En el análisis de las variables de estudio por refugio, se determinó que no existe relación entre estas y los animales positivos para las dos enfermedades.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades infecciosas en felinos domésticos se encuentran distribuidas en todo el mundo; la complicación en el manejo de estos animales no ha permitido tener datos contundentes sobre las mismas. Investigaciones recientes describen que, cerca del 75% de gatos domésticos a nivel mundial viven en las calles, haciéndolos blanco fácil de enfermedades infecciosas, ya que la proliferación de estas se da de forma más rápida y el control sanitario de estos animales es mínimo. Dentro de los felinos, los gatos tienen la capacidad para desarrollarse en grupos sociales, por lo que pueden transmitir con mayor facilidad cualquier cantidad de microorganismos, ya sea de madres cachorros o al relacionarse y reproducirse. Enfermedades como: peritonitis infecciosa felina (FCoV), leucemia felina (FeLV), Inmunodeficiencia felina (FIV), complejo respiratorio felino o toxoplasmosis, se describen como patologías infecciosas comunes en gatos (Palmero & Carballés, 2010).

En relación a las patologías infecciosas que se encuentran en gatos, se encuentra a la toxoplasmosis, una enfermedad zoonótica, la cual se ha convertido en un problema de salud pública a nivel mundial. Se produce por el ingreso de un protozoo perteneciente al grupo de las coccidias, de las cuales se identifica una sola especie, *Toxoplasma gondii* (Restrepo, 2007). Esta enfermedad puede afectar a más de 300 especies de mamíferos, 30 especies de aves entre domésticas y silvestres, y al hombre. Estudios realizados en varios países sobre la seroprevalencia de *Toxoplasma gondii* en gatos han arrojado como resultado una prevalencia de aproximadamente 64%. En Perú la seroprevalencia determinada En un estudio realizado tanto en costa, sierra y selva dio como resultado una prevalencia de 75 a 85% entre los años 1986 y 1987. Argentina presentó prevalencias de 44% en gatos y del 28% en perros, entre los años 1997 y 2003. Brasil por su parte, detectó una tasa del 84% de prevalencia en el año 2006 (Troncoso, Uribe, Arrue, Valenzuela, & Fischer, 2015).

La trasmisión de la enfermedad se basa principalmente en la presencia del gato y otros felinos como hospedadores definitivos, mientras que las especies de sangre caliente actuarán como

hospedadores intermediarios, en los cuales se dará el desarrollo de quistes tisulares. El ciclo de desarrollo de este protozoo se deriva en tres tipos específicos: esporozoítos (forma básica), taquizoíto (forma proliferativa) y bradizoíto (forma quiste tisular) (Durlach & Martino, 2009). En el ser humano y demás animales la presencia de estas formas infectantes se da mediante la ingestión de carne de animales, la cual puede estar cruda o mal preparada o por la ingestión directa de ooquistes infectivos eliminados con las heces de los felinos, a través del suelo y agua contaminados; sin embargo, aunque la infección esté presente, no siempre produce enfermedad. Al darse la presencia de la enfermedad, esta puede afectar de varias maneras: aguda sintomática, aguda asintomática, crónica y congénita (Díaz & San Andres, 2009). La mayoría de la población adulta que se ve afectada no presenta mayores alteraciones, sin embargo, la presencia del parásito en niños reconocida como toxoplasmosis congénita, puede causar ceguera hasta retardo mental (Cerro *et al.*, 2009).

El Complejo Respiratorio Felino (CFR), es el término que se utiliza para definir un grupo de enfermedades respiratorias que comúnmente afectan a los gatos. Este complejo está formado por agentes patógenos como: herpesvirus (Rinotraqueitis Felina), calicivirus, clamidias (*Chlamydophila felis*), Reovirus felino, Virus sincitial, Virus cowpox, *Bordetella bronchiseptica*, *Streptococcus zooepidermicus* y *Mycoplasma spp* (Palmero & Carballés, 2010). *Chlamydophila felis* es uno de los agentes etiológicos que tiene poco estudio a pesar de ser una bacteria zoonótica que requiere como reservorio a los mamíferos. Pertenecer a la familia de las Chlamydiaceae, organismos intracelulares obligatorios poco comunes (ABCD, 2009). La familia de las Chlamydiaceae posee un ciclo de vida único que se clasifica en dos presentaciones: un cuerpo elemental y un reticulado. La transmisión general de este tipo de bacterias zoonóticas puede ser por ingestión, presencia de aerosoles, inoculación directa a nivel ocular y posible transmisión venérea. Los animales pueden ser portadores sin presentar signos clínicos (CFSPH, 2009).

Por lo general *C. felis* provoca conjuntivitis en los gatos. El principal mecanismo de atracción de esta bacteria es hacia la conjuntiva, a la cual se asociará el desarrollo de una infección. La transmisión de la bacteria requiere fundamentalmente el contacto directo entre animales, con una diseminación importante de secreciones oculares, las cuales constituyen la principal fuente de infección. La población felina que se ve más afectada es aquella que se encuentra en el primer año de edad. Las alteraciones que puedan presentarse primero en un ojo, podrán desarrollarse con facilidad en el otro ojo convirtiéndose en un malestar bilateral; adicionalmente pueden presentarse blefaroespasmos, quemosis, congestión y lagrimeo

ocular que puede convertirse finalmente en purulento (Díaz & San Andres, 2009). Cuando se habla de *C. felis* por transmisión venerea, las alteraciones presentes en el individuo pueden ser: salpingitis, infección persistente del oviducto y hasta esterilidad (CFSPH, 2009).

El poco acceso a pruebas de diagnóstico ha dificultado su identificación y control, por lo que el presente estudio pretende analizar los factores de riesgo que predisponen a los felinos para adquirir estas patologías, utilizando un “dot” ELISA que puede utilizarse en la práctica clínica diaria, sin necesidad de equipos costosos, el cual semicuantifica la titulación de anticuerpos IgG que presenta el animal frente a agentes patógenos como *Toxoplasma gondii* y *Chlamydophila spp*, determinado en una muestra de suero o plasma, en un tiempo aproximado de 35 minutos, con una buena precisión para *Toxoplasma gondii* (sensibilidad: 92,3%, especificidad: 100%) y *Chlamydophila felis* (sensibilidad: 94,7%, especificidad: 100%) (Eurovet, 2016). La investigación se realizó en 3 refugios felinos, ubicados en distintas zonas de la ciudad de Quito.

Las variables o factores de riesgo que se analizaron fueron: género, edad, estado reproductivo, hábitat, vacunas, desparasitaciones, comportamiento de los animales, infraestructura con la que contaba los animales en los refugios y tipo de manejo de los mismos. El presente estudio servirá de base para próximas investigaciones sobre *C. felis* y su presencia en gatos en refugios en la ciudad de Quito.

Generalidades de Toxoplasma Gondii

Dentro de las patologías infecciosas que afectan a los felinos se destacan dos de carácter zoonótico y de impacto mundial. Los agentes causales son: *Toxoplasma gondii*, un parásito que en los felinos pasa casi desapercibido pero que puede ocasionar grandes problemas de salud pública sobre todo en mujeres embarazadas; por otro lado; *Chlamydophila felis*, una bacteria intracelular que no se encuentra ampliamente diagnosticada en la clínica diaria, causante principalmente de problemas en respiratorios en felinos y que puede producir problemas oculares en humanos.

Toxoplasmosis

Agente etiológico

Producida por *Toxoplasma gondii*, agente coccidial, parásito intracelular obligado, afecta a todas las especies de sangre caliente incluyendo los seres humanos. Estudios preliminares hablan de la existencia de varias cepas de *T. gondii*, con diferente grado de virulencia y causantes de una diversidad de cuadros clínicos (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene

en el Trabajo, 2016); (Dzib-Paredes *et al.*, 2016). Los gatos están identificados como los únicos hospedadores definitivos y responsables de diseminar la infección mediante la eliminación de ooquistes al medio exterior (Palmero & Carballés, 2010). Generalmente la infección en estos animales se presenta por la ingesta de quistes de bradizoitos presentes en la carne proveniente de hospedadores intermediarios vertebrados (Barrs & Beatty, 2014); (Carlier *et al.*, 2012)

Ciclo de vida

Es un protozoo apicomplejo con estadio sexual de tipo intestinal en el gato, el cual eliminará los ooquistes en sus heces, al medio ambiente; mientras que en mamíferos como el perro y otros animales (pájaros) su estadio será de tipo asexual. Los ooquistes son estructuras en las cuales se desarrollarán los esporozoitos en un tiempo aproximado de 1 a 5 días. Los taquizoitos representan la fase de infestación activa cuya diseminación se dará por sangre o linfa, produciendo muerte celular. Los bradizoitos corresponden a la fase tisular persistente cuya división se dará lentamente (Nelson & Couto, 2010). Los ooquistes esporulados pueden vivir durante meses o años en el ambiente, en situaciones de congelación o desecación, sobre todo si se encuentran protegidos de la luz solar, lo que generalmente ocurre cuando los gatos tapan sus heces. También cuentan con gran resistencia a la mayoría de los desinfectantes, pero se inactivan a temperaturas superiores a 66°C (10 minutos), vapor de agua o agua hirviendo (Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo, 2016; Palmero & Carballés, 2010). La presencia de la enfermedad clínica se relaciona directamente con el estadio intrainestinal en donde se produce la mayor replicación del microorganismo. Después de ingresar a las células, las destruirá, produciendo necrosis del tejido infectado. Es la respuesta de los anticuerpos del hospedador lo que limita la invasión e induce al parásito a enquistarse en estructuras como el cerebro, corazón, esqueleto o hígado. Estos quistes pueden mantenerse en el organismo y solo presentarán infección al ser activados (Rusbridge, 2012).

En la mayoría de gatos la infección clínica se presenta de forma silenciosa, en dos etapas: primaria y secundaria. Durante la infección primaria, se puede evidenciar diarrea transitoria en intestino delgado. La replicación de taquizoitos en tejidos extra intestinales puede producir signos sistémicos, demostrando así, que existe daño en otros órganos. Diversos son los factores de riesgo que facilitan la presencia de la enfermedad, como: peritonitis infecciosa felina (FCoV), leucemia felina (FeLV), Virus de la Inmunodeficiencia felina (FIV), o la

administración de medicamentos inmunosupresores daños en hígado, pulmones o en el sistema nervioso central (SNC) se observan comúnmente.

Los signos clínicos que se pueden manifestar en una infección diseminada aguda son: letargo, anorexia, fiebre, hipotermia, disnea, ictericia, distensión abdominal y signos difusos o multifocales. Esta enfermedad puede ser mortal en gatos recién nacidos cuyas madres sufrieron infección primaria durante la gestación (Barrs & Beatty, 2014).

Al producirse daño a nivel neuronal, los síntomas presentes en los animales pueden ser: hipotermia, ceguera, estupor, poca coordinación, movimientos circulatorios, torticolis, parálisis o convulsiones, vocalizaciones, hiperestesia a la palpación muscular, o claudicación. El dolor en articulaciones y la debilidad pueden ser facilitados por la inflamación periarticular (Grandía, *et al.*, 2013)

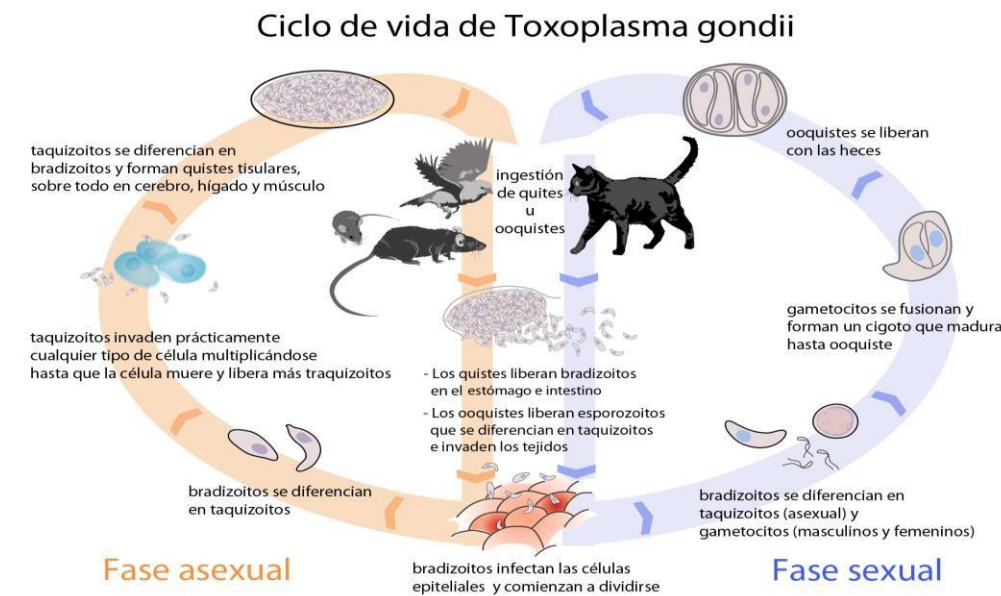


Gráfico 1. Ciclo de vida de *Toxoplasma gondii* con variación entre la fase sexual (felinos) y fase asexual (mamíferos y aves) (Dubey, 2014).

Sistemas a los que afecta *Toxoplasma gondii*

Sistema Cardiovascular

T. gondii se encuentra entre los microorganismos que puede causar miocarditis. La enfermedad del miocardio puede provocar alteraciones en el ritmo cardíaco relacionado con debilidad, colapso intermitente y muerte súbita. Se puede presentar reducción en el rendimiento cardíaco como consecuencia de las disritmias, la reducción de la contractibilidad e incremento de la rigidez del miocardio. Todas estas alteraciones en conjunto pueden causar

shock cardiogénico con taquicardia, pulso débil, baja perfusión, mucosas pálidas, fallo cardíaco con retención de líquidos, dando lugar a edema pulmonar o ascitis (Elwood, 2012).

Sistema Hepatobiliar

El hígado es uno de los órganos más gravemente dañados por *T. gondii*. Este protozoo causa necrosis hepática multifocal y fallo hepático produciendo ictericia, pirexia y dolor abdominal. Los cambios bioquímicos relacionados con el hígado incluyen incremento de aspartato aminotransferasa (AST) alanina aminotransferasa (ALT) y concentración de bilirrubina (Tennant, 2012).

Sistema Reproductor

Muy excepcionalmente el aborto puede ser resultado de una infección por *T. gondii*. Algunos gatos nacen con una infección congénita (England, 2012). Los gatos infectados por vías intraplacentaria o transmamaria desarrollan signos extraintestinales graves y generalmente mueren de enfermedad pulmonar o hepática (Nelson & Couto, 2010).

Sistema Respiratorio

En ocasiones *T. gondii* puede ocasionar neumonía acompañada de fiebre, taquipnea, y disnea (Palmero & Carballés, 2010).

Sistema Nervioso Central

El 10% de los animales infectados presentarán alteraciones a nivel de este sistema manifestando: alteración de la conciencia, ataques, pérdida de visión y coordinación, movimientos de torneo, torticollis, anisocoria, alteración de la médula espinal (Rusbridge, 2012). Un signo clínico que se manifiesta de manera temprana característico de esta enfermedad es la rigidez progresiva de uno o más extremidades a causa de miositis o neuritis (Muñana, 2012).

Sistema Uveal

Presencia de *T. gondii* a nivel ocular en el gato, generalmente produce uveítis. En neonatos el principal signo de infección es coriorretinitis. En fase primaria de la enfermedad la presencia de lesiones oculares se da de forma extraña, sin embargo, este tipo de lesiones son comunes en enfermedad secundaria crónica. Las lesiones pueden ser de tipo unilaterales o bilaterales. La uveítis anterior es probablemente la alteración ocular más común. También se puede presentar uveítis media o pars planitis y normalmente se relacionan con opacificaciones en

forma de copo de nieve del cristalino y vítreo anterior. Las lesiones que comúnmente la retina presenta son coriorretinitis focal o general (granulomatosa o no) y desprendimiento de retina (Crispin, 2012).

Sistema Musculo Esquelético

En gatos con toxoplasmosis activa, la contractura de los cuádriceps es una lesión común caracterizada por la hiperextensión de la rodilla y atrofia de los cuádriceps. Este tipo de alteraciones suelen estar relacionadas con fractura del fémur (Anderson, 2012).

La exploración clínica deberá incluir un examen del fondo ocular en busca de alteraciones de tipo coriorretinitis. Los resultados de laboratorio generalmente se muestran inespecíficos, pero pueden incluir anemia no regenerativa, leucositosis neutrofílica, monocitosis y eosinofilia. Al hablar de infecciones agudas graves puede presentarse neutropenia con desviación a la izquierda degenerativa, linfopenia y monocitopenia. El análisis y resultados de la bioquímica sérica y orina pueden ser variables y dependerán del grado de afección de los diferentes órganos. Las anomalías que normalmente se presentan son: proteinuria, bilirrubinuria, azotemia, hiperbilirrubinemia y aumento en proteínas séricas, enzimas hepáticas y creatina-cinasa. Técnicas diagnósticas como los rayos x (Rx) pueden incluir patrón bronco intersticial difuso, infiltrados alveolares en parches y derrame pleural. Por otra parte, técnicas diagnósticas como ecografía, tomografía computarizada (TC) o resonancia magnética (RM) ayudan a detectar derrames y daños en órganos (Forbes, *et al.*, 2009)

Citología

La fase aguda de la enfermedad es el estadio adecuado por la realización de pruebas diagnósticas como una citología, en la cual se podrá observar taquizoitos en muestras de líquido ascítico o efusión pleural. En casos raros o extremos se encontrará este tipo de estructuras en sangre, líquido cefalorraquídeo o lavado broncoalveolar. El líquido cefalorraquídeo de gatos con toxoplasmosis activa presentará un aumento en el contenido proteico y la cantidad de células mononucleares (Palmero & Carballés, 2010).

Lavado bronco alveolar

Generalmente se detecta la presencia de taquizoitos extracelulares y en el interior de macrófagos. Aparecen como pequeños cuerpos en forma de media luna con citoplasma azulado brillante y núcleo pericentral oscuro (English, *et al.*, 2009).

Serología

Las pruebas serológicas para la detección de anticuerpos IgG e IgM frente a

T. gondii son de gran utilidad para el diagnóstico definitivo, pero siempre deberán interpretarse junto con los hallazgos clínicos. Entre las pruebas que se pueden utilizar se encuentran: Inmunofluorescencia (IFA), ELISA, inmunoensayo Western blot y pruebas de aglutinación. Con la utilización de ELISA, el 80% de los gatos testeados presentaran títulos positivos para IgM de 1 a 4 semanas posteriores a la infección, dando negativos 16 semanas después. Los títulos positivos para IgG podrán determinarse de 3 a 4 semanas después de la infección (Barrs & Beatty, 2014).

Diagnóstico Definitivo

Para obtener un diagnóstico definitivo sobre toxoplasmosis es necesaria la detección histológica o inmunohistoquímica de taquizoitos de *T. gondii* en líquidos de cavidades corporales, broncoalveolares, Líquido cefalorraquídeo (LCR), aspirados de tejidos o muestras de biopsias. Todos estos tendrán sensibilidad baja, pero especificidad alta. Las pruebas de PCR son muy útiles cuando se desea confirmar la identidad de los taquizoitos en muestras clínicas. Las muestras fecales también pueden ser utilizadas para la detección de ooquistes, mediante flotación, en una solución de azúcar o sulfato de zinc (Barrs & Beatty, 2014).

Tratamiento

Algunos de los antibióticos que se pueden utilizar para tratar la toxoplasmosis, son: sulfamida/trimetoprim (15 mg/kg oral cada 12h) o azitromicina (10 mg/kg oral mínimo 4 semanas). Existen medicamentos como la pirimetamina que combinados con sulfonamidas pueden tener acción sinérgica (Barrs & Beatty, 2014). Antiparasitarios como la clindamicina resulta útil tanto en perros como en gatos a dosis de 25 a 50 mg/kg. Puede inducir al vomito. Su efecto puede ser repotenciado si se combina con pirimetamina (Sumano & Ocampo, 2010).

Tratamiento de Soporte

Fluido terapia intravenosa: Administración de NaCl 0,9% o solución de Hartmann suplementado con cloruro de potasio.

Oxigenoterapia intranasal: Pacientes hospitalizados que presenten disnea deberán ser sometidos a la administración de oxígeno humidificado (100ml/kg/min) por vía intranasal.

Alimentación Asistida: Pacientes que no presenten apetito deberán ser tratados con alimentación asistida, mediante la colocación de una sonda de alimentación de esofagostomía.

Monitorización: Mediante la monitorización se podrá reducir la probabilidad de formación de derrames en cavidades corporales, neumonía, insuficiencia hepática, pancreatitis o miocarditis. En gatos tratados con sulfonamidas o pirimetamina, el monitoreo hematológico deberá llevarse a cabo cada 2 semanas para la detección de mielosupresión y administrar antimicrobianos alternativos si esta se presenta (Barrs & Beatty, 2014).

Problemas de Salud Pública

La presencia de *T. gondii* puede causar graves patologías en fetos humanos en desarrollo (cuando la infección es adquirida durante la gestación) también en personas jóvenes, viejas o inmunosuprimidas (Jones et al., 2004). Como es de conocimiento general, las infecciones en los seres humanos se adquieren mediante la ingestión de quistes tisulares en carne infectada que no fue cocida de manera adecuada o quistes del entorno. Existe poca probabilidad de que este tipo de infección se presente por contacto con gatos, ya que los ooquistes son eliminados en las heces del animal durante un determinado periodo de tiempo (en promedio 14 días) y una vez que han sido eliminados se necesita 2 días para esporular y convertirse en infecciosos. Si se mantiene una higiene adecuada, el riesgo de contagio puede minimizarse (Rochlitz, et al., 2012).

El tener un gato como mascota no es precisamente la vía más común de adquirir toxoplasmosis, por las siguientes razones:

Los gatos generalmente solo eliminan los ooquistes durante unos días o semanas tras la inoculación primaria.

Es raro que la eliminación de ooquistes se repita, incluso en gatos con tratamiento de glucocorticoides o ciclosporinas, o aquellos con peritonitis infecciosa felina (FCoV), leucemia felina (FeLV), Virus de la Inmunodeficiencia felina (FIV).

Los gatos son bastante minuciosos y no suelen permitir que permanezcan heces en su piel durante periodos largos, que pueden permitir la esporulación de ooquistes (Nelson & Couto, 2010).

Como se puede evitar el contagio de toxoplasmosis:

- Cocinar la carne a 60 °C durante 10 minutos. 25,26
- Congelar la carne a -20 °C durante al menos 2 días. 25,26
- Utilizar guantes al manipular carnes crudas o lavarse adecuadamente tras ello.
- Lavar verduras antes de su consumo.
- Limpiar las bandejas de arena de los gatos diariamente. Las mujeres embarazadas no deberían realizarlo o bien deben emplear guantes y lavarse las manos adecuadamente tras ello.
- Utilizar guantes durante las labores de jardinería (Palmero & Carballés, 2010).

Chlamydophila felis

Agente Etiológico

Agente patógeno predominante en infecciones de la membrana conjuntival en gatos. Ocasiona conjuntivitis persistentes acompañadas en algunos casos de signos de afección en TRS [Agentes virales como herpes virus felino 1 (FHV-, el calicivirus felino (FCV) junto con *C. felis* se determinan como causantes de enfermedades del complejo respiratorio en gatos (Schulz *et al.*, 2012); (Willoughby & Dawson, 2012).

Bacteria de tipo intracelular obligada con pared celular y material genético (ADN y ARN) pero sin el metabolismo necesario para replicarse y desarrollarse de forma autónoma (Everett, *et al.*, 2014). El género *Chlamydophila* forma parte de la clase Microtobies, orden Clamidiales; en la última década este grupo ha sido mejor definido con la incorporación de cinco nuevas familias: Parachlamydiaceae, Simkaniaceae, Criblamydiaceae, Rhabdochlamydiaceae y Waddliaceae (Martínez, 2012), y familia Chlamydiaceae. De tamaño pequeño, tienen gran afinidad por las células epiteliales de la mucosa. La familia Chlamydiaceae presenta características morfológicas similares y comparte un antígeno común; se divide en dos géneros: *Chlamydomphila* y *Chlamydia*. *C. felis* pertenece al género *Chlamydomphila* junto con otras 5 especies más como son: *C. psittaci*, *C. pecorum*, *C. pneumoniae*, *C. abortus*, *C. caviae* (Palmero & Carballés, 2010).

Ciclo de vida

La multiplicación de esta bacteria se da por fisión binaria en el interior de vacuolas intracelulares de la mucosa ocular, respiratoria, gastrointestinal y genitourinaria del huésped. Durante su etapa de desarrollo esta bacteria presenta dos formas distintas: Cuerpos elementales (CE) o formas extracelulares y Cuerpos reticulares (CR) o formas intracelulares. Los CE representan las formas infecciosas y metabólicas inactivas. De tamaño pequeño, poseen paredes celulares rígidas y resistentes. Migran de un extremo a otro de la célula para poder infectar a nuevas células, las cuales se transformarán en cuerpos reticulares. Por su parte los CR son formas vegetativas no infecciosas de metabolismo activado; tienen mayor tamaño que los CE y no poseen pared celular. Se replican mediante fisión y brotación dentro de vacuolas. Tras una fase de división rápida, estos se transforman en CE (Palmero & Carballés, 2010).

Su transmisión se da de manera directa por contacto con otro animal infectado, también se puede transmitir a través de aerosoles o fómites. Su periodo de incubación normalmente varía de 3 a 5 días. Se presenta de forma endémica en gatos caseros a nivel mundial, causando como principal signo conjuntivitis aguda y crónica (Guerrero & Rodríguez, 2015). Secreciones de tipo conjuntivales, nasales, vaginales y heces provenientes de gatos infectados pueden servir como fuente de contagio. Así mismo todo material o estructura que haya tenido contacto con secreciones de gatos enfermos y las personas que normalmente los manejan, son una fuente de infección frecuente. Es posible también transmitir la infección por vía sanguínea, con el posterior desarrollo de signos sistémicos (Caney, *et al.*, 2012).

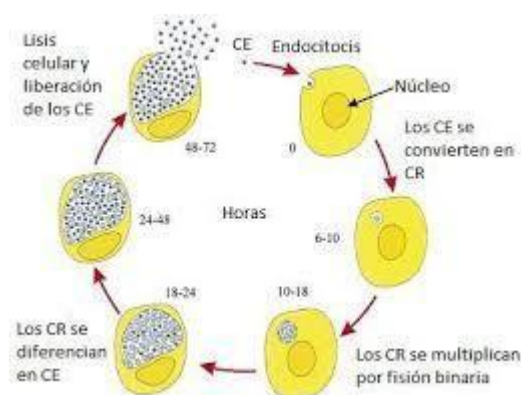


Gráfico 2. Conversión y multiplicación bacteriana *Chlamydia felis* (Frutos, 2015)

Manifestaciones de la enfermedad

Los principales signos que se pueden observar en el animal enfermo son: estornudos, pirexia, anorexia y conjuntivitis (Willoughby & Dawson, 2012). En relación a signos oculares lo que se pueden observar es: descarga ocular serosa, quemosis, hipertermia conjuntival, blefaroespasma. Dentro del periodo de desarrollo de la enfermedad, esta puede presentarse unilateral y pasar a bilateral a los pocos días. De no ser tratada puede producir conjuntivitis crónica. Tanto los portadores sintomáticos como asintomáticos están en capacidad de diseminar la enfermedad, sin embargo, este último favorece a la persistencia de la bacteria en el tracto gastrointestinal, en donde es poco frecuente la presencia de vómitos intermitentes y diarrea crónica (Tennant, 2012), y urogenital, presentando salpingitis crónica e infección persistente del oviducto, con la esterilidad como una secuela (Centro de Seguridad Alimentaria y Salud Pública, 2009). También puede causar aborto en gatas. Aunque puede aislarse a este agente del tracto reproductor de gatas que han abortado, su etiología y método de transmisión no son del todo claras (England, 2012) (Guerrero & Rodríguez, 2015). La excreción de la bacteria mediante estos sistemas puede ser una fuente de infección para otros gatos especialmente si frecuentan zonas de desechos (Gould, 2012)

Población a la que afecta

Los gatos jóvenes entre 5 y 9 meses de edad pertenecen a la población comúnmente afectada, aunque también puede presentarse en gatos adultos (Gould, 2012). Estudios realizados demuestran que la prevalencia de esta enfermedad es baja ya que la exposición a la infección es mayor que la frecuencia de la infección real. Mientras que la incidencia es mayor en gatos jóvenes que presentan una inmunidad materna pobre y gatos callejeros o con acceso al exterior. Factores como el hacinamiento, una ventilación reducida, falta de higiene, estrés, parto o lactancia pueden favorecer a que se de infección recurrentes sobre todo en colectividades (Kordick et al., 2014)

Diagnóstico

Todo gato que presente signos clínicos agudos de enfermedad respiratoria de vías altas o conjuntivitis con antecedentes de estrés o contacto con otros gatos, puede ser sospechoso de infección de vías respiratorias altas (IVRA) (Sykes et al., 2009). El método diagnóstico para identificar al agente patógeno principal causante de IVRA puede ser de gran importancia en casos de animales de refugio o colectividades, ya que nos dará una pauta para el diseño de planes preventivos. Siempre la identificación de los signos clínicos será la mejor forma

diagnóstica (Guerrero & Rodríguez, 2015). El cultivo bacteriano era la prueba diagnóstica más usada y definitiva para el diagnóstico de la clamidiosis hasta la llegada de la PCR.

En caso de afecciones oculares, el diagnóstico se lo realizará mediante raspados conjuntivales con el fin de identificar cuerpos de inclusión intracitoplasmáticos en las células epiteliales, los cuales se presentan durante la fase aguda de la enfermedad. Son varios los utensilios que se pueden utilizar para realizar la toma de muestra del saco conjuntival ventral como: hisopo, cepillo de citología o espátula de Kimura (Crispin, 2014). Sin embargo, este método diagnóstico se lo debe realizar al inicio de la infección, es decir, entre el 4 y 7 día y su interpretación puede ser difícil si el clínico a cargo no está acostumbrado a este tipo de análisis (Gould, 2012). Se puede también realizar cultivos y anticuerpos fluorescentes indirectos o pruebas de PCR (Crispin, 2014). La prueba de tinción inmonofluorescente para la identificación del antígeno clamidial es altamente sensible y capaz de discriminar una célula infectada en una muestra. Sin embargo, para la realización de esta prueba la muestra debe ser tomada de manera contundente y él envío se lo debe realizar en un medio de transporte específico de forma inmediata. Es importante tener preparado el hisopo antes de colocar la solución fluorescente, ya que, de no hacerlo, esto puede interferir en el resultado de la prueba de laboratorio.

La identificación de ADN chlamidophilial se lo puede realizar mediante un PCR, actualmente esta es la prueba más sensible que existe para la detección de clamidofilosis. Sin embargo, gracias a que no se ha determinado cuánto tiempo puede permanecer el ADN de la bacteria en el tejido conjuntival posterior a la resolución de la infección y debido también a que la prueba identifica ADN y no células infectadas activas, el resultado podría ser falso positivo (Gould, 2012).

La prueba de ELISA es de utilidad para la detección de antígenos en lipopolisacáridos tomados de los CE de muestras conjuntivales. Estudios recientes describen el descubrimiento de una nueva proteína llamada CF0218 la cual actúa como antígeno específico de *C. felis* y que no se presenta en las demás especies de clamidias (Yan, Fukushi, & Matsudate, 2010).

Tratamiento

La agrupación de gatos de acuerdo a sus signos clínicos permite instaurar un manejo sistémico de los casos, facilitando la toma de decisiones clínicas (Guerrero & Rodríguez, 2015). Previo a la administración de antibióticos, el tratamiento para esta enfermedad se basa

en una higiene ocular diaria, es decir, la limpieza cuidadosa de los ojos retirando la excreción ocular, empleando algodón mojado en agua fría previamente hervida (Mitchell, 2014).

Uso de antibióticos

Para el manejo de este tipo de enfermedades por lo general las tetraciclinas se consideran los antibióticos de uso primordial (Gruffydd-Jones et al., 2009). Para el tratamiento de *C. felis*, la doxiciclina es el antibiótico de primera elección ya que tiene una buena penetración en vías aéreas. Normalmente el tratamiento debe ser administrado por 4 semanas y 2 semanas más después de la remisión de signos clínicos. Es de vital importancia también tratar a todos los gatos que convivan con el afectado.

Este grupo de fármacos no deben ser administrados en hembras gestantes y cachorros, teniendo como alternativa más segura para ellos el uso de amoxicilina con ácido clavulámico. El uso tópico de tetraciclinas no siempre es tolerado en gatos, pudiendo provocar una acelerada reacción de hipersensibilidad y si el tiempo de uso se extiende puede desarrollarse blefaritis marginal (Crispin, 2014). Antibióticos como la pradofloxacin o marbofloxacin pueden ser utilizados en casos en los cuales el uso de tetraciclinas no ha dado resultado (Guerrero & Rodríguez, 2015).

Tratamiento de soporte

Generalmente resulta ser la parte más importante del tratamiento, ya que debe darse una alimentación adecuada acompañada de una correcta vigilancia para identificar posibles complicaciones. El decaimiento y la falta de apetito que se produce por el dolor de las úlceras orales, la congestión nasal y la fiebre pueden ser tratados con el ofrecimiento de dietas muy palatables, blandas y de gran olor. Pueden existir casos en los que la anorexia se vuelve persistente por lo que puede ser necesario la administración de estimulantes del apetito. De ser inútiles estas medidas, se deberá optar por la colocación de un tubo de esofagostomía (Wills et al., 2009).

Prevención

Al tratar este tipo de enfermedades, el objetivo nunca será la erradicación de los signos del IVRA, sino su control y la reducción en la incidencia y gravedad de los signos clínicos. La mejor medida de prevención para este tipo de enfermedad es la vacunación y el mejoramiento en la calidad de vida del gato. Al proporcionarle a los animales recursos como: un ambiente relajado, alimentación apropiada, un número adecuado de areneros, rascadores y escondites,

contribuimos a que estos vivan con el mínimo de estrés posible, disminuyendo así la incidencia de IVRA. Los programas de esterilización, el aislamiento de los animales que se crea pueda estar infectados, la adaptación de animales recién llegados y la limpieza de los lugares y estructuras pueden ayudar de sobre manera a la disminución de incidencia de IVRA (Guerrero & Rodríguez, 2015).

Inmunización

Los gatitos nacidos de hembras previamente infectadas o vacunadas poseen anticuerpos calostrales, los cuales los protegen de la infección hasta la semana 5 a 8 de vida. Después de esta edad los gatos se tornan sensibles tanto a la infección como la enfermedad. La protección que genera el organismo contra este tipo de bacterias se da mediante la activación de macrófagos alrededor del día 10 posterior a la infección. Se trata de una inmunidad inespecífica capaz de destruir un amplio rango de bacterias normalmente resistentes. Gracias a esta inmunidad parcial, la bacteria tiende a causar infecciones crónicas, latentes o recidivantes. Publicaciones recientes demuestran que la melatonina y la serotonina (hormonas derivadas del triptófano) no solo mantienen la homeostasis del organismo, sino también pueden reducir la infección clamidial inhibiendo su ciclo de desarrollo (Palmero & Carballés, 2010).

Vacunación

Las vacunas provenientes de cultivos celulares pueden otorgar mayor protección contra los síntomas clínicos de la enfermedad, aunque no podrán evitar la infección, la excreción y el desarrollo de los portadores (Gould, 2012). Este tipo de vacunas en su mayoría se recomiendan para uso en gateras o lugares con numerosos gatos (Nelson & Couto, 2010).

La vacunación contra la infección por *C. felis* no es obligatoria. Sin embargo, se debe considerar la vacunación si se presentan antecedentes confirmados de un brote de clamidiosis en un refugio de animales (European Advisory Board, 2009). Es poca la información que existe sobre cuando inicia la inmunidad posterior a la administración de la vacuna para *C. felis*, sin embargo, estudios recientes han demostrado una reducción significativa en la presencia de signos clínicos en gatos infectados, al cabo de 1 año (Scherk et al., 2013). En el mercado existen vacunas inactivadas y con virus vivo modificado para proteger al gato de la enfermedad producida por las clamidias. Las vacunas vivas, aunque proporcionan una mejor protección que las inactivadas, no previenen totalmente de la infección de las mucosas y la posterior liberación de clamidias, sino que minimizan su replicación y reducen los signos

clínicos en los gatos infectados posteriormente a la vacunación. Las vacunas que se utilizan habitualmente son la vacuna viva modificada o inactivada tetravalente, con cepas de panleucopenia, calicivirus, FHV-1 y clamidias. (Caney et al., 2012)

Zoonosis

El riesgo zoonótico de esta enfermedad es bajo, aunque se ha presentado casos aislados de posibles zoonosis. Es por este motivo que resulta prudente tomar simples precauciones como: lavarse las manos después de la dosificación, el manejo y la eliminación de restos. El riesgo de transmisión zoonótica probablemente es mayor en individuos inmunocomprometidos, por lo que se debe evitar contacto directo conjuntival con secreciones respiratorias u oculares de animales enfermos (Nelson & Couto, 2010; Gould, 2012).

Materiales y métodos

El presente trabajo se trata de un estudio transversal, descriptivo y analítico. Se define un diseño muestral involucrando a felinos que pertenecen a 3 refugios ubicados en la ciudad de Quito – Pichincha.

El número total con el que se trabajó fue de 103 gatos, procedentes de 3 refugios, divididos de la siguiente manera:

Refugio No. 1 = Número total de animales: 75

Muestras obtenidas: 55

Refugio No. 2 = Número total de animales: 20

Muestras obtenidas 20

Refugio No. 3 = Número total de animales: 48

Muestras obtenidas 28

La obtención de las muestras sanguíneas se realizó en los refugios, por parte de la autora de la investigación, estudiante perteneciente a la FMVZ y el equipo de médicos veterinarios, los que se encuentran calificados para esta actividad junto con la colaboración del personal que labora en los distintos lugares. El procesamiento de las muestras se realizó en 2 laboratorios, que contaron con la supervisión de un docente y un Ingeniero Químico respectivamente.

Materiales

Fase de campo

Físicos	Libreta de apuntes
	Filipina
	Guantes de Examinación
	Catéteres # 24
	Bozal para gatos
	Jeringas hipodérmicas de 3 ml
	Torundas de algodón
	Tubos sin anticoagulante de 1 ml
	Termo para transporte de muestras
Químicos	Alcohol antiséptico
Biológicos	Gatos

Fase de laboratorio en la FMVZ

Físicos	Registros
	Centrifuga IDEXX Vet Centrifuge TM y LW Scientific E8
	Tubos sin anticoagulante de 1 ml
	Pipetas plásticas

Fase de laboratorio

Físicos	Pipeta automática de 5 µL
	Kit ImmunoComb® Feline Toxo & Chlamydia
	Computadora
	Scanner Epson
	Software CombScan®

Métodos

Tipo de Estudio y Muestreo

El estudio es de tipo transversal exploratorio, teniendo en cuenta investigaciones realizadas sobre *Toxoplasma gondii* y debido a la falta de información existente sobre *Chlamydophila felis* en la zona de estudio. La obtención de datos iniciales sobre la presencia tanto de *Chlamydophila felis* como *Toxoplasma gondii* en la población felina dispuesta en refugios, mediante un muestreo por conveniencia, resulta de vital importancia para futuras investigaciones. Es importante aclarar que en la ciudad de Quito no se encuentra habilitado un registro oficial de refugios o centros de rescate para felinos, por lo que se tomaron en cuenta a los refugios que tenían gatos y que querían colaborar con el estudio. Se contó con la participación de tres refugios de gatos, los mismos que se encuentran ubicados en distintas zonas del cantón Quito.

El desarrollo de la investigación se realizó en dos partes: La primera consistió en la toma de muestra por una sola ocasión de los individuos a estudiar, durante un periodo de tiempo establecido entre los meses de abril y junio del presente año. Se incluyeron a todos los gatos que los responsables de los refugios permitan muestrear. Posteriormente se realizó el procesamiento de muestras; la segunda parte consistió en el análisis de resultados de todos los muestreos realizados y su respectiva interpretación.

Ubicación geográfica

El área de investigación se encuentra en la jurisdicción política de la provincia de Pichincha; en el cantón Quito, cuyas coordenadas geográficas son: Latitud: -0.225219, Longitud: -78.5248 0° 13' 31" Sur, 78° 31' 29" Oeste.

Fase de campo

Manejo de los animales: ejecutado por el equipo de trabajo y el personal que labora en el mismo.

Toma de muestra de sangre para el estudio: Por venopunción de la vena cefálica o yugular. Colocación de la muestra en los tubos sin anticoagulante.

Transporte de muestras: Transporte respetando la cadena de frío, utilizando geles de hielo químico, dentro de un termo refrigerante; manteniendo una temperatura de 2 a 8 °C. El transporte de estas muestras no debe ser mayor a 30 minutos.

Fase laboratorio clínico FMVZ

Procesamiento de muestras utilizando el Kit ImmunoComb® Feline Toxo & Chlamydomphila: centrifugar la sangre contenida en los tubos sin anticoagulante, en el equipo LW Scientific E8, a 3800 rpm durante 15 minutos, con ayuda de una pipeta Pasteur plástica separar el suero y colocar en un tubo Eppendorf estéril.

Refrigerar muestras: Las muestras de suero obtenidas en el tubo sin anticoagulante y deberán ser refrigeradas a 4 °C hasta su posterior procesamiento.

Fase laboratorio

En el Kit ImmunoComb® Feline Toxo & Chlamydomphila la técnica utilizada es un Dot-ELISA, en este, las enfermedades a estudiar están fijadas en una membrana de nitrocelulosa representada como un Peine (Inmunocomb®), en el cual se encuentran los antígenos específicos. La muestra va a dar respuesta a los pases sucesivos en la placa de revelado; esta cuenta con 6 filas de pocillos que tienen un orden y tiempo específico para el proceso, en la fila A se encuentra un diluyente, en las filas B, D y E se realizan los lavados, en la fila C se encuentra el conjugado y en la fila F se encuentra el cromógeno, que dará la tinción al peine de acuerdo a los títulos presentes en la muestra.

Componentes Kit de prueba

- Tarjeta ImmunoComb® o peine
- Placa de revelado (envuelta en papel de aluminio), dentro de cada línea de pocillos se encuentra: fila A diluyente, filas B, D & E lavado, fila C - conjugado; fila F cromógeno.
- Pinzas desechables
- Calibrado CombScale®
- Pipeta de fijación 5 µl
- Punta gradiente universal de 10 µl.

Procesamiento con Kit ImmunoComb® Feline Toxo & Chlamydomphila

- a) Mantener a temperatura ambiente el tubo Eppendorf que contiene el suero.
- b) Agitar antes de usar la placa reveladora para ayudar a mezclar los reactivos.
- c) Perforar el aluminio de la fila A con ayuda de las pinzas.
- d) Tomar 5 µL de suero con ayuda de una micropipeta, colocar en la fila antes perforada y mezclar la muestra.

- e) Colocar el peine (ImmunoComb®) con el lado impreso hacia el operador y dejar incubar por 10 minutos.
- f) Retirar el peine y sacudir el excedente.
- g) Colocar el peine en la fila B durante 2 minutos, previo a la perforación del aluminio.
- h) Retirar el peine y sacudir el excedente.
- i) Insertar el peine en la fila C y dejar incubar por 10 minutos.
- j) Retirar el peine y sacudir el excedente.
- k) Colocar el peine en la fila D durante 2 minutos, previo a la perforación del aluminio
- l) Retirar el peine y sacudir el excedente.
- m) Insertar el peine en la fila E durante 2 minutos, previo a la perforación del aluminio.
- n) Retirar el peine y sacudir el excedente.
- o) Colocar el peine en la fila F y dejar incubar por 10 minutos, previo a la perforación del aluminio.
- p) Retirar el peine y sacudir el excedente.
- q) Insertar nuevamente el peine en la fila E durante 2 minutos.
- r) Retirar el peine y sacudir el excedente.
- s) Interpretar con ayuda del CombScale® o el Software CombScan®

Procesamiento con el Software CombScan®

- a) Realizar la calibración del Software CombScan® junto con el Scanner (Epson ®) a utilizar.
- b) Ingresar los datos de los individuos o códigos.
- c) Colocar el peine en el scanner y procesar.
- d) Interpretar resultados según lo indicado por el fabricante.

Características de la unidad experimental

Felinos domésticos que viven en 3 refugios ubicados en la ciudad de Quito, los cuales se mostraron aptos para participar de la investigación, los mismos que fueron muestreados durante los meses de abril a junio de 2018. Varias fueron las características presentadas por los animales y los refugios que se tomaron en cuenta la realización del estudio como: edad (cachorros o adultos), sexo (hembra o macho), estado fisiológico (esterilizado o no), estado de salud (sano o enfermo). También se tomó en cuenta varias características elementales que presentaban los refugios como: medidas de limpieza, de manejo, control de plagas, comportamiento de los animales y medidas de manejo frente a una posible enfermedad. Posteriormente estas características fueron estudiadas como factores de riesgo para la

presencia o no de las enfermedades. Toda la información obtenida sobre los animales fue tomada de las historias clínicas realizadas y manejadas en los refugios, a quienes también se les realizó una encuesta como medida adicional para recabar información.

Variables

Variable Dependiente

Presencia o ausencia de *Toxoplasma gondii* y *Clamydophila felis* en gatos que viven en 3 refugios, ubicados en la Ciudad De Quito.

Variable Independiente

- a) Género
- b) Edad
- c) Ubicación
- d) Raza
- e) Vacunación
- f) Desparasitación
- g) Estado reproductivo
- h) Habitación
- i) Estado de Salud
- j) Limpieza de Pisos
- k) Limpieza de Areneros
- l) Limpieza de Caniles
- m) Control de plagas
- n) Agua de Bebida
- o) Indumentaria de Manejo
- p) Comportamiento
- q) Medidas de limpieza posteriores
- r) Convivencia
- s) Medidas de manejo tomadas en presencia de posible enfermedad

Análisis Estadístico

Estudio transversal, descriptivo, exploratorio realizado en felinos domésticos que viven en 3 refugios ubicados en la ciudad de Quito, los cuales se mostraron aptos para participar de la

investigación, dentro de la etapa de muestreo a conveniencia, que se realizó entre los meses de abril a junio del presente año.

Posterior al procesamiento de las muestras con la utilización del Kit ImmunoComb® Feline Toxo & Chlamydomphila cuya técnica utilizada es un Dot- ELISA, el cual presenta: para *Toxoplasma gondii* sensibilidad: 92,3%, especificidad: 100% y *Chlamydomphila felis* sensibilidad: 94,7%, especificidad: 100% (Eurovet., 2016), se clasifico a los animales en positivos y negativos.

Para la obtención del cálculo de seroprevalencia en gatos de manera individual y por refugios, se utilizó las siguientes formulas estadísticas:

Sensibilidad y especificidad conocidas	
Seroprevalencia en gatos	$\hat{\pi}_{MLE} = 1 - \left(\frac{\eta - x/m}{\theta + \eta - 1} \right)^{1/k}$
Varianza	$\widehat{Var}(\hat{\pi}_{MLE}) = \frac{(1 - \hat{\pi}_{MLE})^{2/k-2}}{mk^2} \frac{\hat{P}(1 - \hat{P})}{(\theta + \eta - 1)^2}$
Intervalo de Confianza	$\hat{\pi}_{MLE} \pm z_{\alpha/2} \sqrt{\widehat{Var}(\hat{\pi}_{MLE})}$

Gráfico 3. Descripción de la formula estadística utilizada en el presente estudio (Cowling et al., 1999).

Para la realización del análisis estadístico de los resultados relacionados con las variables independientes, se utilizó la prueba de Chi Cuadrado junto con la utilización del software estadístico IBM SPSS Statistics 24.

Resultados y discusión

Datos generales y análisis de los resultados en los individuos estudiados.

Todos los animales utilizados para la investigación presentaron variabilidad tanto en peso, condición corporal, raza y pelaje. Luego de una revisión básica, el 90 % se mostraron clínicamente sanos.

Seroprevalencia de *Toxoplasma gondii* y *Chlamidophyla felis* en gatos de 3 refugios ubicados al norte del D.M de Quito.

Una vez procesadas las 103 muestras obtenidas de los 3 refugios participantes en la investigación, mediante el método ELISA INDIRECTO “Dot” ELISA, los resultados

arrojados fueron los siguientes: de los 3 refugios muestreados, todos presentaron animales positivos para la presencia de anticuerpos IgG tanto para *Toxoplasma gondii* como para *Chlamidophyla felis*.

Chlamidophyla felis

Del total de muestras obtenidas, 8 muestras dieron como resultado positivo, (7,8%) (Tabla 1). Investigaciones relacionadas con *Chlamidophyla felis*, realizadas en el año 2004 en la ciudad de Lima, Perú, hablan sobre una seroprevalencia del 6% en gatos domésticos, en su mayoría con acceso al exterior. Esta investigación se la realizó con 60 muestras de animales, provenientes de varias zonas de la ciudad, atendidos en un mismo centro hospitalario, distribuidos entre machos y hembras, cachorros, adultos y gerontes, entre otras características. A nivel mundial la literatura menciona varias investigaciones realizadas en países como Australia, Japón, EE. UU O Reino Unido, en los cuales la seroprevalencia presentada es de 20%, 17%, 10%, 30% respectivamente. Todas estas investigaciones concluyen, que, sin importar la edad, el género o el hábitat donde se desarrolle el animal, en algún momento de su vida estarán expuestos a este patógeno (Suica, 2004).

Toxoplasma gondii

Del total de muestras obtenidas, 28 muestras dieron como resultado positivo, (27,2%) (Tabla 1). En referencia a los valores obtenidos para *Toxoplasma gondii*, un estudio similar realizado en la ciudad de Quito en el 2017 refiere que la seroprevalencia para *Toxoplasma gondii* es del 14%. Este estudio se realizó en 150 animales, distribuidos en 30 gatiles ubicados en varias zonas de la ciudad (Quisalema, 2017).

Estudios realizados en varios países a nivel mundial, sobre la seroprevalencia de *Toxoplasma gondii* en gatos han arrojado como resultado una prevalencia general de aproximadamente 64%.

En Perú, la seroprevalencia determinada en un estudio realizado tanto en costa, sierra y oriente dio como resultado una prevalencia de 75 a 85% entre los años 1986 y 1987. Argentina presentó prevalencias de 44% en gatos y del 28% en perros, entre los años 1997 y 2003. Brasil por su parte, detectó una tasa del 84% de prevalencia en el año 2006 (Troncoso, Uribe, & Arrué, 2015). Existen otras investigaciones realizadas en países como España, Italia, Portugal y Canadá, los cuales presentaron una seroprevalencia de 45%, 24%, 29% y 32% respectivamente (Gauss et al.,2003).

El resultado arrojado en esta investigación sobre *Toxoplasma gondii* es superior al valor expresado en el último estudio realizado en la ciudad de Quito, esto podría deberse a la variación en la especificidad y sensibilidad del método diagnóstico utilizado, al volumen de la muestra y a las condiciones ambientales y estructurales en las que se encontraban los animales.

Tabla 1. Seroprevalencia de *Chlamydomphila felis* y *Toxoplasma gondii* en los animales del estudio.

	Casos positivos	Porcentajes
<i>Chlamydomphila felis</i>	8	7,8
<i>Toxoplasma gondii</i>	28	27,2

Seroprevalencia de *Toxoplasma gondii* y *Chlamidophyla felis* en gatos de 3 refugios ubicados al norte del D.M de Quito, de acuerdo con las variables analizadas.

Las variables consideradas en esta investigación fueron: edad, género, espacio, vacunación, desparasitación, estado fisiológico y de salud.

Tabla 2. Distribución de los individuos del estudio de acuerdo con las variables analizadas

Variables		Total	Porcentaje
Edad	Cachorro	19/103	18,45
	Adulto	84/103	81,55
Género	Hembra	50/103	48,54
	Macho	53/103	51,46
Espacio	Jaula	27/103	26,21
	Patio y canil	76/103	73,79
	Pelo Corto	78/103	78,72

Raza	Pelo Largo	17/103	16,50
	Siamés	5/103	4,85
	Persa	3/103	2,91
Vacunación	Completa	55/103	53,40
Desparasitación	Completa	55/103	53,40
	Incompleta	48/103	46,60
Estado reproductivo	Esterilizado	79/103	76,70
	No esterilizado	24/103	23,30
Estado de salud	Sano	93/103	90,29
	Enfermo	10/103	9,71

Del total de muestras obtenidas, 19 muestras fueron tomadas de cachorros y 84 muestras de adultos, dando un equivalente al 18,4% y 81,6% respectivamente. De la población total tanto de cachorros como adultos presentes en los tres refugios, su distribución se dio de la siguiente manera:

Refugio No.1: 55 adultos (100%)

Refugio No. 2: 11 adultos (55%) y 9 cachorros (45%)

Refugio No. 3: 18 adultos (64,28%) y 10 cachorros (35,71%)

Una vez realizado el análisis de las 103 muestras obtenidas, la seroprevalencia obtenida para *Clamidophyla felis* fue del 7,8%, del cual el 10,53% pertenece a cachorros positivos a la presencia de anticuerpos IgG para la patología (2/19) mientras que el 7,14% pertenece a animales adultos (6/84) (Tabla 3).

Al realizar la prueba estadística del chi cuadrado, se obtuvo un $p > 0.05$ por lo que no existe diferencia significativa entre la edad y la presencia de *Clamidophyla felis*. La literatura menciona que este tipo de infección generalmente se presenta en gatos entre las 5 semanas y el primer año de vida, sin embargo, se debe tomar en cuenta que la presencia de anticuerpos solo demuestra que hubo una infección previa, no diferencia si el animal está infectado de forma activa, si es portador o si el patógeno está en proceso de eliminación (Suica, 2004).

El análisis realizado en los casos positivos para *Toxoplasma gondii*, estableció una seroprevalencia del 27,2%, del cual el 26,32% proviene de cachorros (5/19) positivos a

la presencia de anticuerpos IgG para la patología mientras que el 27.38% pertenece a adultos (23/84) (Tabla 3). La prueba estadística de chi cuadrado determinó diferencia significativa con un $p < 0.05$, entre la edad y *T. gondii*, estableciendo que los gatos adultos que llegan a los refugios tienen mayor predisposición a presentar alta cantidad de anticuerpos IgG para *Toxoplasma gondii*, probablemente porque en su mayoría fueron abandonados o viven en las calles desde edades muy tempranas y el desarrollo de estos anticuerpos permanecen altos hasta llegar a la edad adulta. Cuando la transmisión ha sido posnatal, la seropositividad del animal va en aumento conforme este crezca. Los anticuerpos heredados de la madre sobreviven hasta los 3 a 4 meses de vida, cualquier factor que indique cantidad elevada de anticuerpos a partir de esa edad, habla de una infección congénita o después del nacimiento (Grandía et al., 2013).

Un estudio similar realizado en el D.M Quito en 2017 analizo que, de acuerdo a la edad, los gatos adultos gerontes, presentaron una mayor seroprevalencia (27,27%) en comparación con gatos adultos más jóvenes (13,98) y cachorros (10,87) (Quisalema, 2017).

Los datos obtenidos en esta investigación concuerdan con investigaciones anteriores en cuanto a que, son los gatos adultos los que presentan mayor seroprevalencia en comparación con los cachorros, sin embargo se debe tomar en cuenta que en estudios previos se realizó una categorización más definida en referencia a edades, mientras que en esta investigación, la categorización se determinó solo como cachorros o adultos, por falta de datos específicos por parte de los centros donde se encontraban los animales.

Tabla 3. Relación entre los casos positivos para *C. felis* y *T. gondii* y la edad.

Variables		<i>C. felis</i>		<i>T. gondii</i>	
		Positivos	%	Positivos	%
Edad	Cachorro	2	10,5	22	27,8

Género

Del total de muestras obtenidas, 50 muestras fueron tomadas de hembras y 53 muestras de machos, dando un equivalente al 48,5% y 51,5% respectivamente. De la población total tanto de hembras como machos presentes en los tres refugios, su distribución se dio de la siguiente manera:

Refugio No.1: 27 hembras (49,09%) y 28 machos (50,90%)

Refugio No. 2: 13 hembras (65%) y 7 machos (35%)

Refugio No. 3: 10 hembras (35,71%) y 18 machos (64,28%)

Una vez realizado el análisis de las 103 muestras obtenidas, la seroprevalencia obtenida para *Clamidophyla felis* fue del 7,8%, del cual el 6% pertenece a hembras positivas a la presencia de anticuerpos IgG para la patología (3/50) mientras que el 9,43% pertenece a machos positivos (5/53) (Tabla 4). Al realizar la prueba estadística del chi cuadrado, se obtuvo un $p > 0.05$ ($p = 0.424$) por lo que no existe diferencia significativa entre el género y la presencia de *Clamidophyla felis*. No existen estudios que determinen al género como un factor importante o de relevancia en cuanto a la presencia de anticuerpos IgG para *Clamidophyla felis*, se debe tomar en cuenta que ya sean hembras o machos los animales que presenten este tipo de infección, síntomas como conjuntivitis, blefaroespasmos, quemosis o alteraciones leves en vías respiratorias superiores, se presentaran de igual forma.

El análisis realizado en los casos positivos para *Toxoplasma gondii*, estableció una seroprevalencia del 27,2%, del cual el 28% proviene de hembras (14/50) positivas a la presencia de anticuerpos IgG para la patología mientras que el 26,41% pertenece a machos (14/53) (Tabla 4). La prueba estadística de chi cuadrado determinó que existe diferencia significativa con un $p < 0.05$, entre el género y la presencia de *T. gondii*, tomando en cuenta que dentro del total de muestras tomadas se estableció la misma cantidad de muestras positivas tanto para hembras (14) como para machos (14). El análisis estadístico determina que los machos que llegan a los refugios tienen mayor predisposición a presentar alta cantidad de anticuerpos IgG para *Toxoplasma gondii*, debido en su mayoría a su conducta territorial y su capacidad de recorrer largas distancias, aumentando su probabilidad de adquirir la enfermedad.

Los resultados de esta investigación concuerdan con una investigación realizada en el 2017, en la ciudad de Quito, con 150 animales muestra, distribuidos en 30 gatiles, cuya prevalencia en machos (15,73%) fue superior que en hembras (11,48%). Otros estudios realizados entre los años 2000 y 2015 a nivel mundial, también describen una mayor prevalencia del parásito en machos, que en hembras (Quisalema, 2017).

Tabla 4. Relación entre los casos positivos para *C. felis* y *T. gondii* y el género.

Variables		<i>C. felis</i>		<i>T. gondii</i>	
		Positivos	%	Positivos	%
Género	Hembras	3	6	14	28
	Machos	5	9,4	14	26,4

Espacio

Del total de muestras obtenidas, 27 muestras fueron tomadas de animales ubicados en jaulas y 76 muestras de animales que compartían patio y canil, dando un equivalente al 26,2%% y 73,8% respectivamente. Del total de muestras tomadas, tanto los animales ubicados en jaula o canil y patio, presentes en los tres refugios, su distribución se dio de la siguiente manera:

Refugio No.1: 27 animales en jaula (49,09%) y 28 animales en canil y patio (50,90%)

Refugio No. 2: 20 animales en canil y patio (100%). Refugio No. 3: 28 animales en canil y patio (100%).

Una vez realizado el análisis de las 103 muestras obtenidas, la seroprevalencia obtenida para *Clamidophyla felis* fue del 7,8%, del cual el 11,11% pertenece a animales ubicados en jaulas, positivos a la presencia de anticuerpos IgG para la patología (3/27) mientras que el 6,57% pertenece a animales positivos ubicados en canil y patio (5/76) (Tabla 5). Al realizar la prueba estadística del chi cuadrado, se obtuvo un $p > 0.05$ por lo que no existe diferencia significativa entre el espacio y la presencia de *Clamidophyla felis*.

El análisis realizado en los casos positivos para *Toxoplasma gondii*, estableció una seroprevalencia del 27,2%, del cual el 29,62% proviene de animales ubicados en jaula (8/27) positivos a la presencia de anticuerpos IgG para la patología, mientras que el 26,31% pertenece a animales positivos ubicados en canil y patio (20/76) (Tabla 5). Al realizar la prueba estadística del chi cuadrado, se obtuvo un $p > 0.05$ por lo que no existe diferencia significativa entre el espacio y la presencia de *T. gondii*.

Tabla 5. Relación entre los casos positivos para *C. felis* y *T. gondii* el espacio donde habitan.

Variables		<i>C. felis</i>		<i>T. gondii</i>	
		Positivos	%	Positivos	%
Espacio	Jaula	3	11,1	8	29,6
	Canil/Patio	5	6,6	20	26,3

Raza

Del total de muestras obtenidas, 78 muestras fueron tomadas de animales con pelo corto, dando un equivalente al 75,7%, 17 muestras de animales con pelo largo dando un equivalente al 16,5%, 3 muestras de animales de raza persa, dando un equivalente al 2,9% y 5 muestras tomadas de animales de raza siamés, dando un equivalente al 4,9%. Del total de muestras tomadas, de acuerdo a la raza de los animales presentes en los tres refugios, su distribución se dio de la siguiente manera:

Refugio No.1: 49 animales de pelo corto (89,09%), 5 animales de pelo largo (9,09%) y 1 animal de raza persa (1,81%).

Refugio No. 2: 14 animales de pelo corto (70%) y 6 animales de pelo largo (30%).

Refugio No. 3: 15 animales de pelo corto (53,57%), 6 animales de pelo largo (21,42%), 5 animales de raza siamés (17,85%) y 2 animales de raza persa (7,14%).

Una vez realizado el análisis de las 103 muestras obtenidas, la seroprevalencia obtenida para *Clamidophyla felis* fue del 7,8%, del cual el 7,69% pertenece a animales de pelo corto, positivos a la presencia de anticuerpos IgG para la patología (6/78) mientras que el 11,76% pertenece a animales positivos de pelo largo (2/17), no se presentaron muestras positivas para animales de raza persa ni siamés (Tabla 6). Al realizar la prueba estadística del chi cuadrado, se obtuvo un $p > 0.05$ por lo que no existe diferencia significativa entre la raza o tipo de pelaje del animal y los resultados positivos encontrados durante el análisis.

El análisis realizado en los casos positivos para *Toxoplasma gondii*, estableció una seroprevalencia del 27,2%, del cual el 32,05% proviene de animales de pelo corto (25/78) positivos a la presencia de anticuerpos IgG para la patología, mientras que el 11,76% pertenece

a animales positivos de pelo largo (2/17), para animales de raza persa el análisis arrojó 33,33% (1/3), mientras que para animales de raza siamés no se presentaron resultados positivos (Tabla 6). La prueba estadística de chi cuadrado determinó que no existe diferencia significativa con un $p < 0.05$ entre *Toxoplasma gondii* y la raza o tipo de pelaje del animal.

Tabla 6. Relación entre los casos positivos para *C. felis* y *T. gondii* y la raza.

Variables		<i>C. felis</i>		<i>T. gondii</i>	
		Positivos	%	Positivos	%
Raza	Pelo corto	6	7,7	25	32
	Pelo largo	2	11,7	2	11,7
	Siamés	0	0	1	33,3
	Persa	0	0	0	0

Vacunación

Del total de muestras obtenidas, 55 muestras fueron tomadas de animales vacunados y 48 muestras de animales con su calendario vacunal incompleto, dando un equivalente al 53,4% y 46,6% respectivamente. De la población total, tanto de animales con calendario vacunal completo como animales con calendario vacunal incompleto, presentes en los tres refugios, su distribución se dio de la siguiente manera:

Refugio No.1: 27 animales con calendario vacunal incompleto (49,09%) y 28 animales con calendario vacunal completo (50,90%)

Refugio No. 2: 9 animales con calendario vacunal completo (45%) y 11 animales con calendario vacunal incompleto (55%)

Refugio No. 3: 18 animales con calendario vacunal completo (64,28%) y 10 animales con calendario vacunal incompleto (35,71%).

Una vez realizado el análisis de las 103 muestras obtenidas, la seroprevalencia obtenida para *Clamidophyla felis* fue del 7,8%, del cual el 5,45% pertenece a animales con su calendario vacunal completo, positivos a la presencia de anticuerpos IgG para la patología (3/55) mientras que el 10,41% pertenece a animales positivos, con su calendario vacunal incompleto (5/48) (Tabla 7). Al realizar la prueba estadística del chi cuadrado, se obtuvo un

$p > 0.05$ por lo que no existe diferencia significativa entre la vacunación y los resultados positivos encontrados durante el análisis.

La literatura menciona a la vacunación como un método de prevención, sobre todo en ambientes con gran cantidad de animales, en los cuales la infección se haya confirmado y los signos clínicos presentes pueden ser asociados. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el uso de vacunas no evita la presencia de la enfermedad, pero si reduce el tiempo y la severidad de la misma. La utilización de planes vacúnales en lugar con números elevados de animales puede ser de gran ayuda. Estos pueden ir dirigidos a las distintas poblaciones existentes como, por ejemplo: hembras vacunadas en etapa tardía de la preñez (semana 9 a 12) proporcionando protección también a las crías. La vacunación a los cachorros de forma temprana ayudara al organismo a crear anticuerpos sobre la enfermedad. La investigación realizada en la ciudad de Lima en el año 2004 con 60 animales muestra, arrojo 7 casos positivos, de los cuales todos se encontraban vacunados, por lo que se determinó que, a pesar de la colocación de la vacuna, la enfermedad se presentó (Suica, 2004).

El análisis realizado en los casos positivos para *Toxoplasma gondii*, estableció una seroprevalencia del 27,2%, del cual el 27,27% proviene de animales con su calendario vacunal completo (15/55) positivos a la presencia de anticuerpos IgG para la patología, mientras que el 27,08% pertenece a animales positivos con su calendario vacunal incompleto (13/48) (Tabla 7). La prueba estadística de chi cuadrado determinó que no existe diferencia significativa con un $p < 0.05$ entre *Toxoplasma gondii* y vacunación.

Diversas han sido las discusiones sobre la existencia y utilización de una vacuna para *Toxoplasma gondii*, su administración en todos los hospedadores, intermediarios como definitivos, y la búsqueda de una inmunidad humoral protectora.

El uso de una vacuna inactivada cuya función sea evitar la excreción de ooquistes de *T. gondii* en el gato, sería lo más adecuado, sin embargo, su uso masivo seria poco probable por el gran número de animales existentes y lo difícil de su manipulación. Estudios realizados en el año 1995 evidenciaron que las inmunizaciones realizadas en gatos con cepas productoras de ooquistes no impidieron la eliminación de los mismos, mientras que el año 2010 investigaciones demostraron que vacunas de tipo orales producidas con bradizoitos, impedían la eliminación de ooquistes, pero su producción fue descontinuada por su corta vida útil y su alto costo. A pesar del trabajo investigativo desarrollado en el área de la vacunación,

actualmente no se cuenta con una vacuna efectiva contra *Toxoplasma gondii* (Grandía et al., 2013).

En el 2017, el estudio realizado en la ciudad de Quito, en 150 gatos ubicados en gatiles, en varias zonas de la ciudad, concluyo que, el 94% de los animales muestreados cuentan con un calendario vacunal completo, es decir la colocación tanto de la vacuna triple felina, como la vacuna antirrábica, precautelando así el bienestar del animal y la población a su alrededor. (Quisalema, 2017).

Los resultados obtenidos en este estudio, reflejan parcialidad en relación a la administración o no de vacunas. Tomando en cuenta las diferencias existentes entre los tres refugios participantes, se puede concluir que, factores como el tiempo, el dinero o la organización, pueden ser desencadenantes para que los animales no cuenten con un calendario vacunal completo.

Tabla 7. Relación entre los casos positivos para *C. felis* y *T. gondii* y la vacunación.

Variables		<i>C. felis</i>		<i>T. gondii</i>	
		Positivos	%	Positivos	%
Vacunación	Completa	3	5,5	15	27,2
	Incompleta	5	10,4	13	27

Desparasitación

Del total de muestras obtenidas, 55 muestras fueron tomadas de animales desparasitados y 48 muestras de animales con desparasitación incompleta, dando un equivalente al 53,4% y 46,6% respectivamente. De la población total, tanto de animales con desparasitaciones completas como animales con desparasitaciones incompletas, presentes en los tres refugios, su distribución se dio de la siguiente manera:

Refugio No.1: 27 animales con desparasitaciones incompletas (49,09%) y 28 animales con desparasitaciones completas (50,90%)

Refugio No. 2: 9 animales con desparasitaciones completas (45%) y 11 animales con desparasitaciones incompletas (55%)

Refugio No. 3: 18 animales con desparasitaciones completas (64,28%) y 10 animales con desparasitaciones incompletas (35,71%).

Una vez realizado el análisis de las 103 muestras obtenidas, la seroprevalencia obtenida para *Clamidophyla felis* fue del 7,8%, del cual el 5,45% pertenece a animales con desparasitaciones completas, positivos a la presencia de anticuerpos IgG para la patología (3/55) mientras que el 10,41% pertenece a animales positivos, con desparasitaciones incompletas (5/48) (Tabla 8). Al realizar la prueba estadística del chi cuadrado, se obtuvo un $p > 0.05$ por lo que no existe diferencia significativa entre desparasitación y los resultados positivos encontrados durante el análisis. No existen estudios que hablen sobre relaciones existentes entre la presencia de esta bacteria y la realización o no de la desparasitación en los animales, esto puede darse, debido a que se habla de una bacteria cuya forma de eliminación es mediante la administración de antibióticos en un periodo mínimo de 8 días. Por su parte los desparasitantes, cualquiera que estos sean, actúan directamente sobre parásitos con un periodo de eliminación de aproximadamente 30 días.

El análisis realizado en los casos positivos para *Toxoplasma gondii*, estableció una seroprevalencia del 27,2%, del cual el 27,27% proviene de animales con desparasitaciones completas (15/55) positivos a la presencia de anticuerpos IgG para la patología, mientras que el 27,08% pertenece a animales positivos con desparasitaciones incompletas (13/48) (Tabla 8). La prueba estadística de chi cuadrado determinó que no existe diferencia significativa con un $p < 0.05$ entre la desparasitación y la presencia de *T. gondii*. Al ser este, un parásito intracelular, la utilización de un desparasitante común, no surtirá ningún efecto en relación a su excreción. Generalmente los animales infectados presentan signos como fiebre, anorexia, dolor abdominal y en casos más severos, alteraciones neurológicas, aunque podrían también no presentar ningún signo. Las alteraciones gastrointestinales son poco frecuentes. El tratamiento más utilizado en casos de toxoplasmosis, es la administración de clindamicina cada 12 horas, por 4 semanas (ESCCAP, 2013).

El último estudio realizado en la ciudad de Quito en el año 2017, con 150 animales provenientes de 30 gatiles, estableció una seroprevalencia del 52% para *Toxoplasma gondii* en gatos con desparasitaciones completas y del 47% para animales con desparasitaciones incompletas (Quisalema, 2017). Los resultados obtenidos en esta investigación no concuerdan con el estudio antes mencionado ya que la seroprevalencia del presente estudio tanto para felinos desparasitados como no desparasitados es mucho menor que la presentada en la investigación del 2017. La diferencia elevada entre resultados puede deberse al tipo de muestreo realizado en las dos investigaciones, el tipo de manejo de los animales y el tipo de desparasitación que se manejó en cada lugar.

Tabla 8. Relación entre los casos positivos para *C. felis* y *T. gondii* y la desparasitación.

Variables		<i>C. felis</i>		<i>T. gondii</i>	
		Positivos	%	Positivos	%
Desparasitación	Completa	3	5,5	15	27,2
	Incompleta	5	10,4	13	27

Estado reproductivo

Del total de muestras obtenidas, 79 muestras fueron tomadas de animales esterilizados mientras que 24 muestras de fueron tomadas de animales enteros (no esterilizados), dando un equivalente al 76,7% y 23,3% respectivamente. De la población total, tanto de animales esterilizados, como animales enteros (no esterilizados), presentes en los tres refugios, su distribución se dio de la siguiente manera:

Refugio No.1: 55 animales esterilizados (100%)

Refugio No. 2: 9 animales esterilizados (45%) y 11 animales no esterilizados (55%)

Refugio No. 3: 15 animales esterilizados (53,57%) y 13 animales no esterilizados (46,42%).

Una vez realizado el análisis de las 103 muestras obtenidas, la seroprevalencia obtenida para *Clamidophyla felis* fue del 7,8%, del cual el 6,32% pertenece a animales esterilizados, positivos a la presencia de anticuerpos IgG para la patología (5/79) mientras que el 16,66% pertenece a animales positivos, no esterilizados (4/24) (Tabla 9). La prueba estadística de chi cuadrado determinó que no existe diferencia significativa con un $p < 0.05$ entre el estado reproductivo y la presencia de *Clamidophyla felis*.

El análisis realizado en los casos positivos para *Toxoplasma gondii*, estableció una seroprevalencia del 27,2%, del cual el 27,84% proviene de animales esterilizados (22/79) positivos a la presencia de anticuerpos IgG para la patología, mientras que el 25% pertenece a animales positivos no esterilizados (6/24) (Tabla 9). La prueba estadística de chi cuadrado determinó que no existe diferencia significativa con un $p < 0.05$ entre el estado reproductivo y la presencia *T. gondii*.

Tabla 9. Relación entre los casos positivos para *C. felis* y *T. gondii* y el estado reproductivo.

Variables		<i>C. felis</i>		<i>T. gondii</i>	
		Positivos	%	Positivos	%
Estado Reproductivo	Completa	5	6,3	22	27,8
	Incompleta	4	16,7	6	25

Estado de Salud

Del total de muestras obtenidas, 93 muestras fueron tomadas de animales que a la revisión básica aparentemente se presentaron sanos y 10 muestras de animales que a la revisión básica presentaron diversos síntomas como secreciones nasales u oculares, tos o decaimiento, dando un equivalente al 90,3% y 9,7% respectivamente. De la población total, tanto de animales sanos, como animales enfermos, presentes en los tres refugios, su distribución se dio de la siguiente manera:

Refugio No.1: 54 animales sanos (98,18%) 1 animal enfermo (1,81%)Refugio

No. 2: 12 animales sanos (60%) y 8 animales enfermos (40%) Refugio No. 3:

27 animales sanos (96,42%) y 1 animal enfermo (3,57%).

Una vez realizado el análisis de las 103 muestras obtenidas, la seroprevalencia obtenida para *Clamidophyla felis* fue del 7,8%, del cual el 7,53% pertenece a animales sanos, positivos a la presencia de anticuerpos IgG para la patología (7/93) mientras que el 10% pertenece a animales positivos, enfermos (1/10) (Tabla 10). La prueba estadística de chi cuadrado determinó que no existe diferencia significativa con un $p < 0.05$ entre el estado reproductivo y la presencia *Clamidophyla felis*.

El análisis realizado en los casos positivos para *Toxoplasma gondii*, estableció una seroprevalencia del 27,2%, del cual el 25,81% proviene de animales sanos (24/93) positivos a la presencia de anticuerpos IgG para la patología, mientras que el 40% pertenece a animales positivos no esterilizados (4/10) (Tabla 10). La prueba estadística de chi cuadrado determinó que no existe diferencia significativa con un $p < 0.05$ entre el estado reproductivo y la presencia *T. gondii*.

Tabla 10. Relación entre los casos positivos para *C. felis* y *T. gondii* y el estado de salud.

Variables		<i>C. felis</i>		<i>T. gondii</i>	
		Positivos	%	Positivos	%
Estado de salud	Sanos	7	7,5	24	25,8
	Enfermos	1	10	4	40

Datos generales y descripción de los resultados arrojados de cada refugio de acuerdo con sus medidas de manejo.

Mediante la realización de una encuesta en cada uno de los refugios participantes en la investigación, se obtuvieron datos relacionados con las medidas de limpieza, manejo del personal, manejo de los animales y medidas tomadas por el refugio por la probable presencia de enfermedad, descritos de la siguiente forma:

Limpieza de pisos

De los tres refugios participantes en el estudio, todos tenían como medida de aseo, la limpieza de los pisos 1 vez por día (100%). La limpieza frecuente de las instalaciones, en este caso, de los pisos, siempre será un método efectivo para reducir la posibilidad de contagio de este tipo de enfermedades. Al ser patologías de animales en hacinamiento, su contagio se puede dar de manera más rápida y mucho peor cuando los individuos en cuestión, no cuentan con un adecuado sistema inmune que los proteja. La literatura menciona que una vez excretada la bacteria, esta puede permanecer en promedio de 5 a 14 días en superficies que no se hayan limpiado (cfsph.iastate.edu, 2009). Si la bacteria es excretada por medio de tos o estornudos, esta puede alcanzar una distancia de hasta 4 pies, mezclarse con el aire y caer al piso, volviéndose un método fácil de contagio para los animales (Suica, 2004).

En el caso de *Toxoplasma gondii*, la limpieza frecuente de superficies como los pisos con materiales de limpieza como detergente y agua caliente a 70 grados de temperatura o la utilización de materiales como el etanol, ácido acético o sulfhídrico o hipoclorito de sodio reducen la posible presencia de ooquistes, en superficies cercanas a los animales, reduciendo también la probabilidad de un contagio (Grandía et al., 2013).

Limpieza de areneros

De los tres refugios participantes en el estudio, dos de estos tenían como medida de aseo, la limpieza de los areneros 1 vez por día (66%), mientras que el tercero tenía como medida de aseo, la limpieza de los areneros 1 vez por semana (33%). La principal forma de transmisión de *C. felis* siempre será de gato a gato mediante secreciones conjuntivales y nasales, sin embargo, la literatura nos habla sobre la excreción de esta bacteria mediante secreciones vaginales (infección neonatal) y en heces (Suica, 2004).

En cuanto a *T. gondii*, la contaminación directa se da por la ingestión de ooquistes. Es por eso que el gato doméstico juega un papel importante en el ciclo biológico de este parásito, al tener la capacidad de excretar un gran número de ooquistes en heces, entre los 3 y 21 días posteriores a la ingestión. Al igual que para la limpieza de los pisos, para la limpieza de areneros se puede utilizar materiales como etanol, ácido acético, tintura de yodo o hidróxido de aluminio. Por este motivo la limpieza continua o rutinaria de los areneros reducirá la probabilidad de contagio (Insht, 2016).

Estudios recientes expresan que existe menor prevalencia de *T. gondii* en animales cuyas medidas de limpieza se dan 3 veces por semana (20%), en comparación a los animales cuyas medidas de limpieza se realizan 1 vez a la semana (27%) (Quisalema, 2017).

Los resultados obtenidos en esta investigación no concuerdan con estudios anteriormente realizados, reflejando mayor prevalencia en animales con medidas de limpieza diaria (75%), en comparación a los animales con medidas de limpieza semanal (25%). Esto podría deberse, más que a las medidas de limpieza efectuadas, a la afluencia de animales (entrada y salida) y al tiempo que estos permanecían en el refugio. Los animales con limpieza diaria, se ubicaban en un centro en el cual su estadía debía ser corta (adopciones), mientras que los animales con limpieza semanal se ubicaban en un centro en el cual, su estadía podía ser indefinida.

Limpieza de jaula o canil

De los tres refugios participantes en el estudio, dos de estos tenían como medida de aseo, la limpieza de las jaulas o caniles 1 vez por día (66%), mientras que el tercero tenía como medida de aseo, la limpieza de las jaulas o caniles 1 vez por semana (33%). Al igual que, en lo relacionado con la desinfección de pisos y areneros, la limpieza frecuente de las jaulas o los caniles puede disminuir la probabilidad de contagio de estas enfermedades. Los

resultados obtenidos en este estudio hablan de una prevalencia mayor en animales cuyas jaulas o caniles eran aseados una vez por semana (75%) a diferencia de los animales cuyas jaulas o caniles se desinfectaban una vez a la semana. Al igual que los resultados anteriores, estos resultados concuerdan con investigaciones realizadas en 2017, cuya prevalencia era menor en animales con desinfecciones cada 48 horas (20%) (Quisalema, 2017). Por lo que se debe volver a citar, que, más que por las medidas de aseo utilizadas en el centro, la prevalencia de estas enfermedades se debe a la afluencia de los animales.

Control de Plagas

De los tres refugios participantes en el estudio, todos tenían como medida de protección, el control de plagas, mediante el uso de cebadores (100%). El control de plagas mediante el uso de cebadores o cualquier otro tipo de trampas, no solo ayuda como medida de limpieza, ayuda también a reducir y hasta eliminar por completo los hábitos de caza que puedan tener los animales (Troncoso et al., 2015).

La teoría nos dice que la prevalencia de *T. gondii* es mayor en aquellos gatos que utilizan la caza como medio para alimentarse a diferencia de los gatos domesticados que dependen de la disponibilidad de alimento. Para la mayoría de investigadores, en el gato, el inicio de conductas como la caza se da entre los 3 y 6 meses de edad y tiene como característica relevante, la inadecuada alimentación que los animales pueden estar recibiendo. (Grandía et al., 2013).

El estudio más reciente realizado en la ciudad de Quito, en 2017, refleja una prevalencia mayor en gatos con hábitos de caza (21,43%) en comparación a los gatos que no lo hacen (7,5%). De igual manera, la seroprevalencia presentada es elevada cuando los productos de caza son roedores (50%) y no pájaros (Quisalema, 2017).

Los resultados obtenidos en esta investigación, no relacionan a los animales con resultado positivo con el uso de métodos de control de plagas, debido a que teóricamente los animales al no tener hábitos de caza, no deberían contagiarse de esa forma.

Origen agua de bebida

De los tres refugios participantes en el estudio, en dos de estos, el agua administrada a los animales era de tipo potable (66%), mientras que, en el último, el agua que se ofrecía a los animales provenía de una cisterna (33%). El agua contaminada con heces de gatos infectados, puede constituir una fuente de transmisión para otros animales, por lo que siempre será mejor

hacer uso de agua potable y relación con cualquier otra fuente de agua (Centro para la Seguridad Alimentaria y Salud Pública 2015).

Indumentaria de manejo del personal.

De los tres refugios participantes en el estudio, solo uno de estos manejaba indumentaria específica para trabajar con los animales (33%) como: filipina, guantes o mascarilla, mientras que los dos restantes no contaban con esta medida de manejo (66%). El uso de indumentaria adecuada para el manejo de los animales, se ha convertido en un método eficaz para reducir la probabilidad de contagio de animal a ser humano. Las personas que tiene contacto habitual con poblaciones felinas que podrían estar en riesgo deberían usar siempre al menos guantes y mascarilla, ya que tienen contacto directo con los desechos de estos animales (Edimeco, 2008).

Comportamientos extraños

De los tres refugios participantes en el estudio, todos manifestaron que sus animales no presentaban algún tipo de comportamiento extraño relacionado con el manejo de sus heces (100%). Al hablar de comportamientos extraños, nos referimos a cualquier tipo de conducta diferente que expresa el animal en cuanto a factores como la alimentación, el marcaje, el sueño o las relaciones sociales. La literatura menciona que la prevalencia de *T. gondii* puede ser mayor en aquellos animales que por factores internos o externos presentan estrés. Las reacciones más comunes que expresan los gatos cuando están estresado en cuanto a la alimentación, es aumento o disminución en el apetito, o incluso comer aquello que no es comestible (pica). Este tipo de comportamientos aparte de favorecer a la diabetes y obesidad, también favorece a un posible aumento de la prevalencia de enfermedades como la toxoplasmosis (presencia de ooquistes en las heces, que pueden ser ingeridos) (Baciero, 2016).

Tipo de alimentación

De los tres refugios participantes en el estudio, todos manifestaron (100%) que el único alimento proporcionado a los animales era balanceado, evitando siempre la administración de cualquier otro tipo de alimento. La alimentación del gato siempre será de vital importancia, ya que la prevalencia de este tipo de enfermedades aumenta cuando el animal ingiere viseras, carne cruda o mal preparado (Grandía *et al.*, 2013). Estudios recientes realizados en la ciudad de Quito, describen una mayor prevalencia (17,7%) en animales cuya

dieta se basa en el uso de balanceado, acompañado de carne cruda o comida casera en comparación a aquellos animales cuya dieta era 100% balanceado (8,3%). Estos resultados concuerdan con estudios realizados en países como Chile y México, en los cuales se describe una mayor prevalencia para *T. gondii* del 27,2% y 20,8% respectivamente en gatos con alimentación mixta (balanceado + comida casera o carne cruda) (Quisalema, 2017).

Desecho de la indumentaria de manejo.

De los tres refugios participantes en el estudio, solo uno de estos contaba como medida de aseo el desecho de la indumentaria de manejo utilizada con los animales, mientras que los 2 restantes no contaban con esta medida de manejo. El uso de indumentaria adecuada para el manejo de los animales se ha convertido en un método eficaz para reducir la probabilidad de contagio de animal a ser humano. Las personas que tiene contacto habitual con poblaciones felinas que podrían estar en riesgo deberían usar siempre por lo menos guantes y mascarilla, ya que tienen contacto directo con los desechos de estos animales. (Edimeco, 2008). El desecho adecuado de estos materiales junto con lugares específicos para esta actividad ayuda como medidas preventivas generales para reducir el riesgo de contagio de este tipo de enfermedades (Insht, 2016).

Convivencia Gatos

De los tres refugios participantes en el estudio, dos de estos manifestaron que la convivencia de los animales se daba compartiendo el mismo espacio (66%), pero con caniles individuales, mientras que el último refugio manifestó que los animales convivían en un ambiente grupal (33%). La prevalencia de estas enfermedades aumentara de forma categórica en animales ubicados en ambientes concentrados o saturados, como lo son los refugios, ya que la relación entre animales de la misma especie se da de manera directa por lo que el riesgo de contagio será directo e inmediato. Si la introducción de nuevos animales al grupo se da sin ningún tipo de cuarenta o tiempo de adaptación, el riesgo y probabilidad de contagio será aún más elevada, ya que no se conoce los hábitos ni comportamiento de los nuevos integrantes del grupo (Grandía et al., 2013).

En relación al contacto con otros animales, los estudios realizados determinaron una seroprevalencia del 24% en animales que se relacionaban con perros, mientras que aquellos que se relacionaban con animales como conejos o aves fue del 5% (Quisalema, 2017).

Medidas de manejo tomadas por el refugio en presencia de una posible enfermedad, de los tres refugios participantes en el estudio, todos manifestaron que contaban con un protocolo de manejo para enfermedades, que consiste en la separación de el o los animales, su observación y la visita al médico veterinario, en caso de que el o los animales presentaran algún síntoma como: secreción nasal, ocular, vomito o diarrea relacionada con cualquier enfermedad, en especial de tipo gástrica o respiratoria.

Como la teoría lo menciona, los diversos síntomas que los animales contagiados pueden presentar son: vómito, secreciones de tipo nasales u oculares, diarrea, letargia, anorexia, disnea, fiebre persistente, leucopenia, desordenes hepáticos, pulmonares, oculares y neurológicos. A simple vista estas alteraciones pueden confundirse con enteritis, pancreatitis, bronconeumonía o linfadenitis. Es por este motivo, que la observación, el aislamiento oportuno de los animales y la pronta revisión médica por parte de un profesional veterinario puede reducir en gran manera la posibilidad de contagio directo de estas enfermedades (Durlach & Martino, 2009).

Conclusiones

A través del Kit ImmunoComb® Feline Toxo & Chlamyphilase determinó que, en los tres refugios participantes en esta investigación, existen felinos positivos a *Chlamidophyla felis* (7,8%; 8/103) y *Toxoplasma gondii* (27,2%; 28/103),

En relación a las variables de estudio analizadas para *Chlamidophyla felis*, ninguna de estas presentó una relación significativa para la presencia de la enfermedad (edad, genero, espacio, raza, vacunación, desparasitación, etc.)

De todas las variables de estudio analizadas para *Toxoplasma gondii*, la edad y el género fueron los factores que mayor relación presentaron en cuanto a la enfermedad, en el análisis de las variables de estudio por refugio, se determinó que no existe relación entre estas (medidas de manejo) y los animales positivos para las dos enfermedades.

Recomendaciones

Al ser un patógeno zoonótico es recomendable realizar mayor número de investigaciones, para reconocer su presencia y mejorar su manejo en la clínica diaria de pequeñas especies.

Al haberse demostrado la presencia de *Chlamydomphila felis* en nuestro medio es necesario tenerla en cuenta en el diagnóstico de enfermedades respiratorias y oculares, tener mayor cuidado en la manipulación de animales con infecciones respiratorias y oculares.

Agradecimiento

Un agradecimiento muy sentido a los propietarios de los centros ubicados en la ciudad de Quito los cuales brindaron su ayuda para la realización de esta investigación, al Dr. Carlos Merizalde quien fue el contacto de estos lugares, a la Dra. Cristina Celi, directora de PAE (Protección Animal Ecuador), a la Sra. Lorena Romero representantes del refugio Mininos Felices, quienes abrieron las puertas y permitieron realizar la parte práctica de este trabajo.

Al Sr. Juan Pablo Duran, representante técnico de Inventagri, quien brindaron su ayuda para la adquisición de los kits y a su empresa quien muy cordialmente permitió utilizar sus laboratorios para la realización de la parte práctica

Bibliografía

- ABCD. (2009). Infección por *Chlamydomphila felis*. *European Advisory Board on Cat Diseases*. Retrieved from http://www.abcdcatsvets.org/wp-content/uploads/2015/09/ES_CF_Infeccion_por_Chlamydomphila_felis.pdf
- Anderson, A. (2012). Lesiones Musculares y Tendinosas. In Lexus & ediciones (Eds.), *Manual de Alteraciones Musculoesqueléticas en Pequeños Animales* (p. 163). España.<https://www.ucm.es/data/cont/docs/420-2014-032007%20Lesiones%20Musculares%20y%20tendinosas.pdf>
- Baciero, G. (2016). El estrés en el gato. *AxonVeterinaria*, 1–7. Retrieved from http://axonveterinaria.net/web_axoncomunicacion/auxiliarveterinario/21/A_V21_Estres_gato.pdf
- Barrs, V., & Beatty, J. (2014). Enfermedades Infecciosas. In Lexus & ediciones (Eds.), *Manual de Medicina Felina* (pp. 671–674). España. <https://core.ac.uk/download/pdf/20528361.pdf>
- Caney, S., Harvey, A., & Wills, S. (2012). Feline Chlamydiosis. *Feline Advisory*. <http://www.abcdcatsvets.org/chlamydia-chlamydomphila-felis/>

- Carlier, Y., Truyens, C., Deloron, P., & Peyron, F. (2012). Congenital parasitic infections. *Acta Tropica*, 121, 55–70. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2011.10.018>
- Cerro T., Luis, Chávez V., Amanda, Casas A., Eva, Suárez A., Francisco, & Rubio V., Alicia. (2009). Frecuencia de *Toxoplasma gondii* en gatos de Lima Metropolitana y concordancia entre las técnicas de inmunofluorescencia indirecta y hemaglutinación indirecta. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 20(2), 285-290. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172009000200020&lng=es&tlng=pt.
- CFSPH. (2009). Clamidiosis zoonótica. *The Center for Food Security y Public Health.*, 1–7. Retrieved from <http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/chlamydiosis-es.pdf>
- Crispin, S. (2012). El Tracto Uveal. In Lexus & ediciones (Eds.), *Manual de Oftalmología en Pequeños Animales* (pp. 270–271). España.
- Crispin, S. (2014). La Conjuntiva. In Lexus & ediciones (Eds.), *Manual de Oftalmología en Pequeños Animales* (pp. 195–196). España.
- Díaz, D., & San Andrés, M. (2009). *Terapéutica antibiótica en infecciones respiratorias en caninos y felinos.* Retrieved. <https://botplusweb.portalfarma.com/Documentos/2009/5/7/38629.pdf>
- Dubey, J. (2014). The History and Life Cycle of *Toxoplasma gondii*. *Toxoplasma Gondii. The Model Apicomplexan - Perspectives and Methods*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396481-6.00001-5>
- Durlach, R., & Martino, P. (2009). *Toxoplasma gondii*: Infección en Perros y Gatos. *Revista Veterinaria Argentina*. Retrieved from <https://www.veterinariargentina.com/revista/2009/08/toxoplasma-gondii-infección-en-perros-y-gatos/>
- Dzib-Paredes, G. F., Rosado-Aguilar, J. A., Acosta-Viana, K. Y., Ortega-Pacheco, A., Hernández-Cortázar, I. B., Guzmán-Marín, E., & Jiménez-Coello, M. (2016). Seroprevalence and parasite load of *Toxoplasma gondii* in Mexican hairless pig (*Sus scrofa*) tissues from the Southeast of Mexico. *Veterinary parasitology*, 229, 45–49. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.09.016>

- Edimeco, U. de A. (2008). *Medicina y Laboratorio; Parasitología*. (14th ed.). Retrieved from <http://www.medigraphic.com/pdfs/medlab/myl-2008/myl087-8c.pdf>
- Elwood, C. (2012). Sistema Cardiovascular. In Lexus & ediciones (Eds.), *Manual de Enfermedades Infecciosas en Pequeños Animales* (p. 160). España.
- England, G. (2012). Tracto Reproductivo y Neonatos. In Lexus & ediciones (Eds.), *Manual de Enfermedades Infecciosas en Pequeños Animales* (p. 262). ESPAÑA.
- English, K., Cowell, R., Tyler, R., & Meinkoth, J. (2009). Lavado Trasatraqueal y Broncoalveolar. In ELSEVIER (Ed.), *Diagnóstico Citológico y Hematológico del Perro y Gato* (p. 270). España.
- ESCCAP, C. E. para el C. de las parasitosis de los animales de compañía. (2013). Control de protozoos intestinales en perros y gatos. Retrieved from https://www.esccap.org/uploads/docs/3sbvfy71_ESCCAP_Guide_6_spanish_version_def.pdf
- European Advisory Board. (2009). Infección por *Chlamydomydia felis*. *Abcdcatvets*. Retrieved from http://www.abcdcatvets.org/wp-content/uploads/2015/09/ES_CF_Infeccion_por_Chlamydomydia_felis.pdf
- Eurovet. (2016). ImmunoComb® Feline Toxo & *Chlamydomydia*. Retrieved from http://euroveterinaria.com/index.php?id_product=110&controller=product
- Everett, K., Bush, R., & Andersen, A. (2014). Emended description of the order Chlamydiales, revised taxonomy of the family Chlamydiaceae, including a new genus and five new species, standards for the identification of organisms. *PubMed*, 61, 249–251.
- Forbes, B., Sahm, D., & Weissfeld, A. (2009). Diagnóstico Microbiológico. *Journal of Parasitology*. <https://books.google.com.ec/books?id=239cauKqSt0C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Frutos, M. C. (2015). *ECO EPIDEMIOLOGÍA DE Chlamydia psittaci, Chlamydia pneumoniae y Chlamydia pecorum: IMPACTO EN LA SALUD PÚBLICA*. Universidad Nacional de Córdoba. Retrieved from http://lildbi.fcm.unc.edu.ar/lildbi/tesis/frutos_mar_ia_celia.pdf

- Gould, D. (2012). El Ojo. in Lexus & ediciones (Eds.), *Manual de Enfermedades Infecciosas en Pequeños Animales* (pp. 352–353).
- Grandía, R., Entrena, A., & Cruz, J. (2013). Toxoplasmosis en *Felis catus*: Etiología, epidemiología y enfermedad. *Rev Inv Vet Perú*, 2, 131–149. Retrieved from <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v24n2/a01v24n2.pdf>
- Gruffydd-Jones, T., Addie, D., Belák, S., Boucraut-Baralon, C., Egberink, H., Frymus, T., ... Horzinek, M. C. (2009). Chlamydomphila Felis Infection: ABCD Guidelines on Prevention and Management. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 11(7), 605–609. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2009.05.009>
- Guerrero, J., & Rodríguez, V. (2015). *Manual práctico enfermedades infecciosas felinas*. (SERVET, Ed.). España.
- Insht, I. N. de S. e H. en el T. (2016). Toxoplasma gondii. *DATABIO*, 1, 1–4. Retrieved from http://www.insht.es/RiesgosBiologicos/Contenidos/Fichas_de_agentes_biologicos/Fichas/Parasitos/Toxoplasma_gondii.pdf
- Jones, J., Kruszon, D., Wilson, M., McQuillan, G., Nav, T., & McAuley, J. (2004). Toxoplasma gondii Infection in the United States: Seroprevalence and Risk. *American Journal of Epidemiology*, 152.
- Mitchell, N. (2014). Tratamiento De Las Enfermedades Oculares. In LEXUS & EDICIONES (Eds.), *Manual de Medicina Felina* (p. 496). ESPAÑA.
- Muñana, K. (2012). Inclinación de la Cabeza y Nistagmo. In LEXUS & EDICIONES (Eds.), *Manual de Neurología en Pequeñas Especies* (pp. 227–228). ESPAÑA.
- Nelson, R., & Couto, G. (2010). *Medicina Interna de Pequeños Animales*. (ELSEVIER & MOSBY, Eds.). ESPAÑA.
- Palmero, M. L., & Carballés, V. (2010). *Enfermedades Infecciosas Felinas*. (SERVET, Ed.). ESPAÑA.
- Quisalema, T. (2017). Determinación de anticuerpos dirigidos contra toxoplasma gondii en felinos domésticos que viven en gatiles en 6 administraciones zonales del distrito metropolitano de quito. Universidad Central del Ecuador. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13741/1/T-UCE-0014-049-2017.pdf>

- Restrepo, M. (2007). Toxoplasmosis: zoonosis parasitaria. *Redalyc.Org*, 21, 41–42. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/2611/261120985004>
- Rochlitz, I., Podberscek, L., & Broom, D. (2012). Welfare of cats in a quarantine cattery. *The Veterinary Record*, 35–39.
- Rusbridge, C. (2012). El Sistema Nervioso. In Lexus & ediciones (Eds.), *Manual de Enfermedades Infecciosas en Pequeños Animales* (pp. 326– 330). ESPAÑA.
- Scherk, M. A., Ford, R. B., Gaskell, R. M., Hartmann, K., Hurley, K. F., Lappin, M. R., ... Sparkes, A. H. (2013). Disease information fact sheet: *Chlamydia felis*. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 15, 785–808.
- Schulz, C., Hartmann, K., Mueller, R. S., Helps, C., & Schulz, B. S. (2015). Sampling sites for detection of feline herpesvirus-1, feline calicivirus and *Chlamydia felis* in cats with feline upper respiratory tract disease. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 17(12), 1012–1019. <https://doi.org/10.1177/1098612X15569615>
- Suica, E. (2004). *Detección de anticuerpos contra chlamydia felis en felinos domésticos, pacientes de la Clínica de Animales Menores de la Facultad de Medicina Veterinaria - UNMSM*. Retrieved from http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/1553/Suica_le.pdf?sequence=1
- Sumano, H., & Ocampo, L. (2010). *Farmacología Veterinaria*. (M.-H. Interamericana, Ed.). Mexico.
- Sykes, J., Anderson, G., Studdert, V., & Browning, G. (2009). Prevalence of feline *Chlamydia psittaci* and feline herpesvirus 1 in cats with upper respiratory tract disease. *Vet Intem Med*, 13, 153–162.
- Tennant, B. (2012). El Tracto Alimentario. In Lexus & ediciones (Eds.), *Manual de Enfermedades Infecciosas en Pequeños Animales* (p. 188). España.
- Troncoso, I., Uribe, P., Arrue, K., Valenzuela, A., & Fischer, C. (2015). Seroprevalencia de *Toxoplasma gondii* en gatos, residentes en San Carlos, Chile., 29. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-93542015000100003&script=sci_arttext&tlng=en

- Willoughby, K., & Dawson, S. (2012). El Tracto Respiratorio. In Lexus & ediciones (Eds.), *Manual de Enfermedades Infecciosas en Pequeños Animales* (pp. 136–138). España.
- Wills, J., Gruffy-Jones, T., Richmond, S., & Gaskett, R. (2009). Effect of vaccination on feline *Chlamydia psittaci* infection. *Infect Immun. PubMed*.
- Yan, C., Fukushi, H., & Matsudate, H. (2010). Seroepidemiological investigation of feline chlamydiosis in cats and humans in Japan. *Microbiol Immunol*, 54, 155–160.

CAPÍTULO 2.

HELMINTOS ENTÉRICOS ZOONÓTICOS EN ANIMALES DOMESTICOS URBANOS.

Nadia Valeria López Paredes

Universidad Central del Ecuador
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Joseline Estefanía Saltos Ayala

Universidad Central del Ecuador
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Juan Carlos Gómez Villalva

Universidad Técnica de Babahoyo, FACIAG
Carrera de Medicina Veterinaria
Docente de Salud Pública Veterinaria

Jimmy Torres Pérez

Universidad Técnica de Babahoyo, FACIAG,
Carrera de Medicina Veterinaria, Docente de Anatomía II.

Palabras clave: Zoonosis, helmintos, animales domésticos, factor de riesgo.

Resumen

El estudio identificó y estimó la diversidad de entero parásitos helmintos zoonóticos en los animales domésticos del sector de Chimbaloma y se determinó los factores de riesgo asociados. Se tomó muestras fecales de todos los animales domésticos: caninos, bovinos, porcinos, ovinos y aves de corral, que habitaban el sector. Las muestras se analizaron en el laboratorio con el método de flotación en solución de sacarosa. De los 69 animales evaluados 77,7% (46/69) de la población que comprendían 10 aves de corral, 19 bovinos, 10 ovinos, 3 porcinos y 27 caninos, presentan diferentes formas parasitarias. Los helmintos entéricos zoonóticos identificados incluyen: *Ancylostoma* spp. (17,5%), siendo este el de mayor presentación seguido de: *Trichostrongylus* spp. (12,6%) *Strongyloides* spp. (9,7%); *Trichuris* spp. (6,8%); *Oesophagostomum* spp. (8,7%); *Uncinaria* spp. (6,8%); *Toxocara* spp. (6,8%); *Metastrongylus* spp. (1,9%); *Capillaria* spp. (1,9%); *Fasciola* spp. (1%); *Taenia* spp. (1%) y *Ascaris* spp. (1%). En cuanto a los factores de riesgo no se estableció relación

estadísticamente significativa con ningún factor. Es importante destacar el riesgo al que están expuestos los habitantes del sector que conviven diariamente y comparten el mismo ambiente con los animales domésticos que dieron positivo a helmintos entéricos zoonóticos.

Introducción

La parasitosis en veterinaria es una de las patologías más frecuentes y de interés sanitario epidemiológico, debido a que muchas son de tipo zoonótico lo cual genera un problema para la salud pública (Mateus, 2014; Dantas- Torres & Otranto, 2014). La mayoría de los parásitos intestinales son transmitidos al ser humano por medio de huevos o larvas infectivas, a través del consumo de alimentos contaminados, contacto de la piel con el suelo contaminado o contacto con animales parasitados (Matthys *et al.*, 2011).

La aparición de los parásitos Helmintos está relacionada con la historia de la humanidad. En la época antigua se nombraba a los helmintos como gusanos que pueden observarse a simple vista, especialmente cuando se eliminan con las heces, debido a su tamaño macroscópico. Se los mencionó incluso en el Papiro de Ebers, en los escritos de Hipócrates, en donde se comunicaba la presencia de gusanos presentes en humanos y animales domésticos. Celso y Galeno describían la existencia de *Ascaris lumbricoides*, *Enterobius vermicularis* y *Taenia* spp. (Becerril, 2014).

En la actualidad las infecciones con helmintos intestinales representan un problema de salud pública a nivel mundial, especialmente en países en vías de desarrollo. La presencia de *Ascaris lumbricoides*, *Ancylostoma* spp., *Hymenolepis nana* y *Trichuris trichiura*, están estrechamente relacionada con mala calidad de agua y alimentos contaminados, malas condiciones de higiene y saneamiento, ausencia de servicios de salud, contacto con animales contaminados o sus excrementos (Ekong *et al.*, 2012; Hotez *et al.*, 2008; Matthys *et al.*, 2011). Los niños y adolescentes en edad escolar y preescolar, tienen mayor riesgo de presentar parásitos helmintos, especialmente *Ascaris lumbricoides*, el cual representa la infección helmíntica más frecuente y ubicua (SEPEAP & AEP, 2010).

En una investigación retrospectiva realizada en Jos-Nigeria, demostró una alta prevalencia de helmintos zoonóticos. De los 19508 animales evaluados, 3520 (18.1%) fueron positivos y presentaron especies de *Fasciola* spp. (12,7%), *Taeniasis-Cisticercosis* (5,0%), *Strongyloidosis* (0,4%), *Ascaris* spp. (0,04%) (Ekong *et al.*, 2012). En el Ecuador se realizó un estudio para determinar la prevalencia de parásitos zoonóticos en la comunidad Indígena de San Bartolomé de Romerillos, Cotopaxi. Los resultados muestran que los parásitos de mayor presentación fueron: *Ascaris suum*, *Toxocara cati*, *Trichostrongylus* spp., *Hiotrongylus* spp., *Trichuris* spp., *Oesophagostomum* spp., *Nematodirus* spp., *Uncinaria*

spp. (Bracho, 2009). La información que proporcionan estos trabajos de investigación demuestra la presencia de Helmintos zoonóticos, representando importante problema de salud pública.

Las formas parasitarias excretadas en lugares públicos pueden sobrevivir durante mucho tiempo en diferentes condiciones, representando un peligro para la salud humana y animal (Zanzani, Cerbo, et al., 2014; Zanzani, Gazzonis, et al., 2014). De ahí la importancia de brindar cuidados médicos y veterinarios, con un programa de control de parasitosis, poniendo especial interés en parásitos de riesgo zoonótico (Joffe et al., 2011; Awadallah & Salem, 2015).

Este estudio tiene como objetivo identificar los factores de riesgo asociados a la presencia de parásitos helmintos entéricos zoonóticos en animales domésticos (bovinos, ovinos, caninos, porcinos y aves de corral) del sector de Chimbaloma del cantón Otavalo. Para ello se realizó una encuesta epidemiológica a un representante de cada familia que habita en el sector y desee participar en el estudio, además se recolectaron muestras fecales para identificar y estimar la diversidad de enteroparásitos helmintos zoonóticos en los animales domésticos del sector.

Materiales y Métodos

Ubicación de la investigación

Esta investigación es de tipo observacional transversal. La fase de muestreo se realizó en la provincia de Imbabura, cantón Otavalo, parroquia rural Doctor Miguel Egas Cabezas, comunidad de Agato, sector de Chimbaloma. El sector posee un bosque seco montano bajo, temperaturas que oscilan entre 4° y 14° y precipitaciones de 900 a 1000 mm anuales (Cevallos, 2015).



Figura 1. Ovino pastoreando en la calle.

Unidad de análisis

En la población de estudio se incluyeron animales domésticos: aves de corral, bovinos, ovinos, caninos y porcinos, cuyos propietarios habitan el sector de Chimbaloma y autorizaron la toma de muestras fecales a sus animales. En total participaron en el estudio 24 familias. A cada animal se le asignó un código de identificación con la inicial de la especie animal y el número de familia al que pertenece.

Protocolos aplicados

Elaboración de la encuesta

Se realizó una encuesta epidemiológica a todas las familias que desearon participar en el estudio, con el fin de obtener los factores de riesgo asociados a la presencia de Helmintos entéricos zoonóticos en los animales domésticos del sector (Figura 2).



Figura 2. A Encuesta epidemiológica; B **Socialización** con los habitantes del sector.

Protocolo para la obtención y envío de muestras

- a) **Obtención del material.** - Las muestras fecales se tomaron a los animales, una sola vez durante toda la investigación. Se colectaron directamente del recto, para evitar contaminación. En animales grandes, la muestra se tomó introduciendo la mano en el recto del animal, colocándose previamente un guante plástico. En animales pequeños se tomó la muestra mediante la introducción de un termómetro en el recto del animal. Se

colectó un mínimo de 3 g de heces por cada animal (caninos, ave de corral, bovino, ovino y porcino) (AGROCALIDAD, 2016).

b) Rotulado y conservación. - Inmediatamente se introdujo las heces en un recipiente plástico hermético, con formol al 10% (una parte de heces con tres de formalina), para conservar la muestra hasta su procesamiento y análisis coproparasitoscópico en el laboratorio. En cada recipiente se llenaron los datos de registro e identificación:

- Fecha.
- Datos del paciente.
- Código de identificación (Indicando la inicial de cada especie animal y el número de familia Ej: C1).
- Escribir: Material Biológico (AGROCALIDAD, 2016).

En el laboratorio se colocó el código y datos de identificación de las muestras en una hoja de registros.

Procesamiento de las muestras

El procesamiento de las muestras se efectuó en el Laboratorio Clínico Metropolitano ubicado en la ciudad de Ibarra (calles Doctor Luis Gonzalo Gómez Jurado y Luis Vargas Torres). Las muestras se evaluaron conjuntamente con el personal del Laboratorio y los resultados se confirmaron con el MVZ. Fernando Pazmiño MSc. profesor de la cátedra de Enfermedades Parasitarias en la FMVZ, UCE y MVZ. Nadia López MSc., tutora del proyecto de investigación.

Se realizó un examen fecal por microscopía mediante el método de flotación en solución de sacarosa.



Figura 4. Identificación y procesamiento de las muestras fecales. a) Aplicación del conservante y rotulado. b) Homogenización de las heces. c) Filtrado del material homogenizado. d) Procedimiento de flotación y adherencia de los huevos en el cubreobjetos.

Se mezclaron de 2-5 gr. de heces en 15 ml de la solución saturada de azúcar, se homogenizó muy bien las heces hasta obtener una pasta uniforme, se colocó una gasa en otro recipiente para filtrar el material homogenizado y el filtrado se recolectó en un tubo de ensayo a 1 cm del borde y a continuación se centrifugó a 1500 rpm durante 5 minutos, se colocó el tubo de ensayo en una rejilla y se agregó más solución de sacarosa hasta el borde dejando un menisco convexo. Finalmente se puso un cubreobjetos y se esperó 5 min, para retirar cuidadosamente el cubreobjetos y colocarlo sobre un portaobjetos y así poder observarlo al microscopio para detectar los parásitos con lente de 10x (Bowman, 2011; Sixtos, 2017).

Una vez obtenidos los resultados se le entregaron personalmente a cada familia según el formato establecido. El manejo y eliminación de desechos que se generó durante el procesamiento de muestras en el Laboratorio, se realizó en base al protocolo del Ministerio de Salud Pública del Ecuador.

Análisis estadístico

Se ingresó la información obtenida a Excel 2010, para la obtención de tablas de frecuencias. Se utilizó el Análisis de la Varianza (ANOVA) para comparar la asociación entre variables dependientes e independientes, mediante el software estadístico SPSS 24.

- Variables dependientes: Helmintos entéricos zoonóticos (Tabla 2)
- Variables independientes: Factores de riesgo (Tabla 3).

Tabla 2. Categorización de Variables dependientes

Variable	Tipo de variable	Indicadores	Escala
Tipo de parásito	Ordinal	Prueba de Flotación en solución azucarada	<i>Strongyloides spp.</i> <i>Metastrongylus spp.</i> <i>Oesophagostomum spp.</i> <i>Trichostrongylus spp.</i> <i>Toxocara spp.</i> <i>Ancylostoma spp.</i> <i>Ascaris spp.</i> <i>Trichuris spp.</i> <i>Fasciola spp.</i> <i>Taenia spp.</i> <i>Uncinaria spp.</i> <i>Capillaria spp.</i>
Resultado	Nominal	Observación al microscopio	Positivo Negativo

Tabla 3. Categorización de Variables Independientes

Variable	Tipo de variable	Indicadores	Escala
Eliminación de excrementos	Nominal	Encuesta	Desecho y desinfección de excrementos. Aire libre.
Especie	Nominal	Encuesta	Bovino Canino Porcino Ovino Aves de corral
Edad	Nominal	Encuesta	≤ 12 meses > 12 meses
Sexo	Nominal	Encuesta	Hembra Macho
Alimentación	Nominal	Encuesta	Comida casera Mixta Pasto Desperdicios
Manejo	Nominal	Encuesta	Dentro del hogar Fuera del hogar Dentro y fuera.
Alojamiento	Nominal	Encuesta	Comunal Individual

Condición corporal	Nominal	Encuesta	Ideal Delgado
Desparasitaciones	Nominal	Encuesta	≤ 6 meses > 6 meses Nunca
Calidad del Agua de bebida	Nominal	Encuesta	Potable No apta para consumo
Eliminación de excrementos humanos	Nominal	Encuesta	Alcantarillado Fosas sépticas
Manejo de basura	Nominal	Encuesta	1. Recolector 2. Abono/compostera 3. Quebrada

Limitaciones del estudio

En el desarrollo de la investigación se presentaron las siguientes limitaciones:

- No se realizó el diagnóstico para determinar la intensidad de infestación utilizando la cámara de McMaster, debido a que ese procedimiento no utiliza en el laboratorio Clínico Metropolitano, en el cual se realizó el procesamiento de las muestras. Además, el tiempo de prestación de las instalaciones fue muy limitado.
- Hubo falta de información en cuanto a los procedimientos y requisitos que el Subcomité de Ética solicita para realizar el estudio en humanos. Este trámite requiere muchos meses para su aprobación, por lo que se decidió realizar el estudio únicamente en animales.

Resultados y discusión

Los resultados muestran que el 75,7% (45/69) de la población que incluyó:

10 aves de corral, 19 bovinos, 10 ovinos, 3 porcinos y 27 caninos, presentaron formas parasitarias. La riqueza específica de las especies de helmintos zoonóticos para los animales de ese sector fue de: 7 especies de parásitos en caninos, 5 especies de parásitos en bovinos, 4 en porcinos, 4 en ovinos y 0 en aves de corral. Se determinó un total de 12 diferentes especies de parásitos (**Figura 5**).

Los helmintos entéricos zoonóticos identificados incluyen: *Ancylostoma* spp. (17,5%), siendo este el de mayor presentación seguido de: *Trichostrongylus* spp. (12,6%) *Strongyloides* spp. (9,7%); *Trichuris* spp. (6,8%); *Oesophagostomum* spp. (8,7%); *Uncinaria* spp. (6,8%); *Toxocara* spp. (6,8%); *Metastrongylus* spp. (1,9%); *Capillaria* spp. (1,9%); *Fasciola* spp.

(1%); *Taenia spp.* (1%) y *Ascaris spp.* (1%).

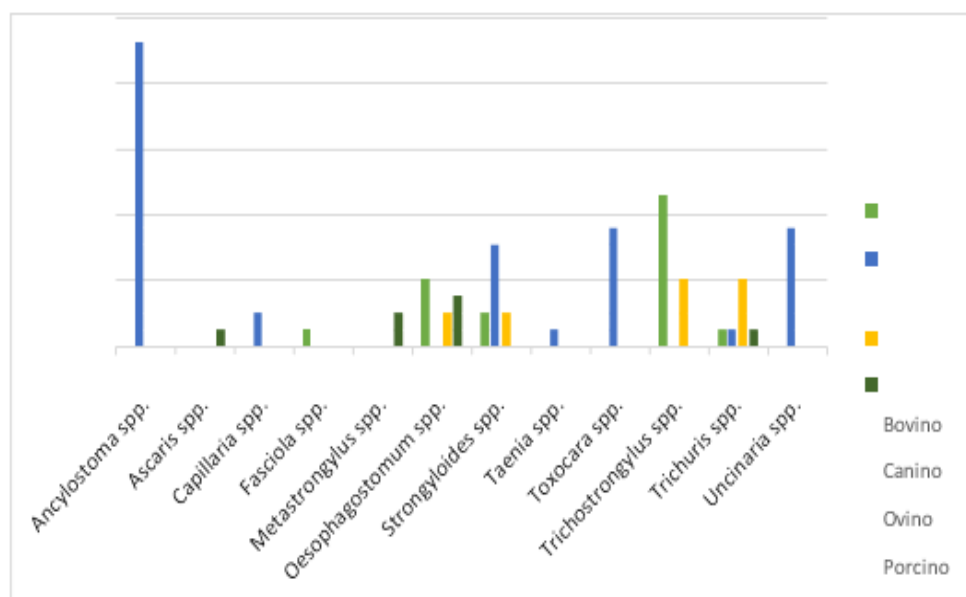


Figura 5. Helmintos entéricos zoonóticos identificados en los animales domésticos del sector de Chimbaloma.

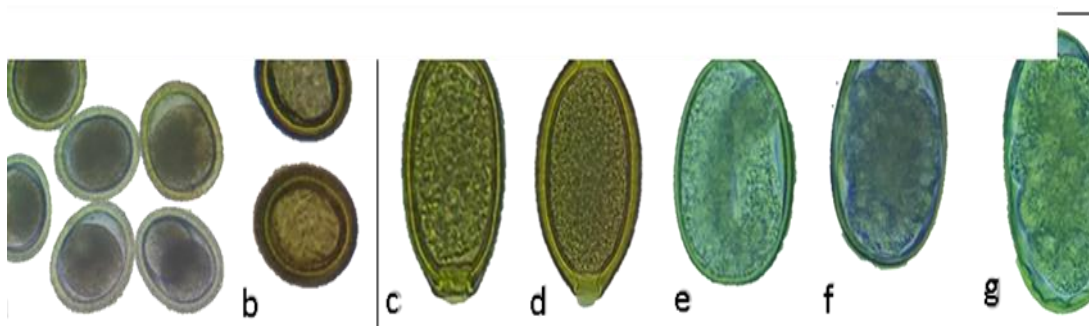


Figura 6. Helmintos entéricos zoonóticos en caninos, del sector de Chimbaloma. a) *Toxocara spp.* **b)** *Taenia spp.* **c)** *Capillaria spp.* **d)** *Trichuris spp.* **e)** *Strongyloides spp.* **f)** *Ancylostoma spp.* **g)** *Uncinaria spp.*

Tabla 4. Porcentajes generales y riqueza específica de helmintos entéricos zoonóticos en los animales domésticos del sector de Chimbalo.

Parásito		Especie					Total
		Bovino	Canino	Porcino	Ovino	Ave	
Trichostrongylus spp.	Recuento	9	0	0	4	0	13
	(%)	37,5	0,0	0,0	26,7	0,0	12,6
Oesophagostomum spp.	Recuento	4	0	3	2	0	9
	(%)	16,7	0,0	42,9	13,3	0,0	8,7
Trichuris spp.	Recuento	1	1	1	4	0	7
	(%)	4,2	2,1	14,3	26,7	0,0	6,8
Strongyloides spp.	Recuento	2	6	0	2	0	10
	(%)	8,3	12,8	0,0	13,3	0,0	9,7
Fasciola spp.	Recuento	1	0	0	0	0	1
	(%)	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Taenia spp.	Recuento	0	1	0	0	0	1
	(%)	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	1,0
Ancylostoma spp.	Recuento	0	18	0	0	0	18
	(%)	0,0	38,3	0,0	0,0	0,0	17,5
Uncinaria spp.	Recuento	0	7	0	0	0	7
	(%)	0,0	14,9	0,0	0,0	0,0	6,8
Capillaria spp.	Recuento	0	2	0	0	0	2
	(%)	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	1,9
Ascaris spp.	Recuento	0	0	1	0	0	1
	(%)	0,0	0,0	14,3	0,0	0,0	1,0
Metastrongylus spp.	Recuento	0	0	2	0	0	2
	(%)	0,0	0,0	28,6	0,0	0,0	1,9
Toxocara spp.	Recuento	0	7	0	0	0	7
	(%)	0,0	14,9	0,0	0,0	0,0	6,8
Total	Recuento	24	47	7	15	10	103
	(%)	23,3	45,6	6,8	14,6	9,7	100,0
Riqueza específica	Total	5	7	4	4	0	12

Comparando con estudios similares en otros países: En una aldea rural de Camboya fueron identificados varias especies de parásitos en los animales domésticos, la mayoría tienen potencial zoonótico: *Ancylostoma spp.*, *Strongyloides spp.*, *Trichuris spp.*, *Toxocara canis*, *Oesophagostomum spp.*, *Ascaris spp.*, *Capillaria spp.* (Schär et al., 2014). En otra investigación realizada en Jos-Nigeria, de un total de 19508 animales entre bovinos, caprinos, ovinos, cerdos y caninos. La prevalencia general de estos parásitos fue del 18,1%. Los helmintos zoonóticos identificados incluyen *Fasciola spp.* (12,7%); *Taenia spp.* (5%); *Strongyloides spp.* (0,4%) y *Ascaris spp.* (0,04%) (Ekong et al., 2012).

Como se puede observar los resultados de estos estudios, son similares a los resultados que muestran los animales de Chimbalo. Los resultados revelan que existe una alta prevalencia de Helmintos entéricos zoonóticos en los animales domésticos del sector de Chimbalo. Es probable que en otros sectores del país se puedan encontrar patrones similares de parasitismo. Más adelante se analizarán los posibles factores que pueden estar relacionados a la presencia de helmintos en los animales del sector.

Resultados en los caninos.

Con respecto a las infecciones helmínticas entéricas zoonóticas en caninos: *Ancylostoma* spp. (38,3%), *Uncinaria* spp. (14,9%), *Toxocara* spp. (14,9%), *Strongyloides* spp. (12,8%), *Taenia* spp. (2,1%), *Capillaria* spp. (4,3%) y *Trichuris* spp. (2,1%) (**Tabla 4**). Lo que indica que la carga parasitaria en caninos es elevada, pudiendo difundirse dentro de los individuos de la misma especie o incluso en otras especies como los humanos.

Debido a la gran cercanía que estos animales tienen con los humanos, aumenta el riesgo de transmisión especialmente de *Ancylostoma* spp. y *Toxocara canis*, parásitos comúnmente reportados en humanos (Delgado, 2017). En un estudio realizado en Coyaima-Colombia, los caninos presentaban resultados similares, los helmintos más prevalentes fueron *Uncinaria* sp. (20,6%), *Toxocara canis* (8,6%), *Strongyloides* spp. (2,9%) (González & Giraldo, 2015). En una aldea rural de Camboya-Asia se estudió la prevalencia y diversidad de parásitos gastrointestinales tanto de humanos como de animales. En perros, los helmintos *Ancylostoma* spp. (80,8%) y *Strongyloides* spp. (14,9%) fueron los más comúnmente detectados, seguido de *Trichuris* spp. y *Toxocara canis* (Schär et al., 2014). Es decir que a pesar de ser regiones y países diferentes los resultados son similares, encontrando las mismas especies de helmintos con potencial zoonótico, esta similitud posiblemente esté relacionada a los malos hábitos de higiene y saneamiento de estas regiones.

Resultados en los bovinos.

Los hallazgos revelaron que los huevos de *Trichostrongylus* spp. (37,5%), *Oesophagostomum* spp. (16,7%); *Strongyloides* spp. (8,3%), *Trichuris* spp. (4,2%) y *Fasciola* spp. (4,2%), fueron los helmintos entéricos zoonóticos que presentaron los bovinos (**Tabla 4**). Estos resultados son similares a los reportados en un estudio realizado en el sudoeste de Nigeria, cuyos hallazgos revelaron que los huevos de tipo Strongyle (*Trichostrongylus* spp. Y *Oesophagostomum* spp.) (65,5%), fueron los más prevalentes

entre los helmintos (Adedipe, Chibuiké, Oluwatoyin, Adejoju, & Babalola, 2014). En Ecuador se determinó en el año 2016, que en el cantón Centinela del Cóndor, Zamora Chinchipe, los parásitos del tipo Strongyle son los de mayor prevalencia (66,92%) (Calderón, 2016). Se puede sugerir que la similitud en los resultados indica que los animales están expuestos a condiciones ambientales y nutricionales comunes.

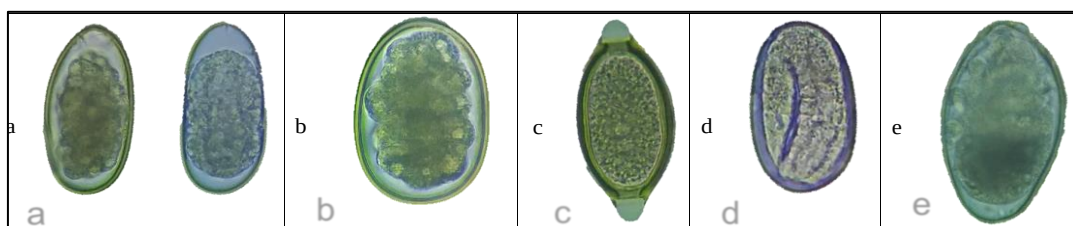


Figura 6. Helmintos entéricos zoonóticos en Rumiantes (Bovino y ovino), del sector de Chimbaloma.

Las infecciones por trematodos están relacionadas con la disponibilidad de los huéspedes intermedios y las condiciones ambientales, es por esto que los resultados muestran una baja prevalencia. Es importante tomar en cuenta que los bovinos al ser una especie domesticada, cohabitan con los seres humanos, especialmente con aquellas que se dedican a la ganadería. En el sector de Chimbaloma los habitantes pastorean sus bovinos al aire libre en terrenos baldíos, sin un control adecuado de los excrementos del animal, esto aumenta el riesgo de transmisión entre los animales de la misma especie incluso a otras especies. La presencia de parásitos zoonóticos en bovinos representa un peligro para salud humana.

Resultados en los ovinos.

Trichostrongylus spp. (26,7%) y *Trichuris spp.* (26,7%), *Oesophagostomum spp.* (13,3%), *Strongyloides spp.* (13,3%), (Tabla 4) son los helmintos encontrados en los ovinos. Comparando los resultados con un estudio realizado en ovinos y caprinos de apriscos de algunos municipios de Antioquia-Colombia, en el año 2013, los nematodos zoonóticos con mayor prevalencia fueron: *Oesophagostomum spp.*, (38.9%), *Trichostrongylus spp.*, (34.7%).

En Ecuador, en la provincia de Chimborazo se realizó un estudio epidemiológico sobre la presencia de parásitos gastrointestinales, los resultados indican que la prevalencia de

parásitos zoonóticos fue: *Oesophagostomum spp.* (36,66%), *Trichuris spp.* (19,25%), *Moniezia spp.* (14,4%) y *Trichostrongylus spp.* (9,3%) (Torres, 2015). Otro estudio realizado en Cotopaxi, revela una prevalencia en ovinos del 25% para *Oesophagostomum spp.*, siendo este el único helminto zoonótico encontrado en la especie (Bracho, 2009).

Los resultados de los estudios informan que existe la presencia de helmintos zoonóticos en ovinos, esto resulta preocupante debido a que esta especie animal es muy utilizada por los habitantes del sector de Chimbaloma para obtener y comercializar su lana, la relación que tienen las personas con las ovejas es muy cercana y los animales pastorean y eliminan sus excrementos al aire libre, aumentando el riesgo de una zoonosis parasitaria.

En la parroquia Doctor Miguel Egas Cabezas, a donde pertenece el sector de Chimbaloma, se estima que alrededor del 60% de sus habitantes trabaja en artesanía y textilera, utilizando como materia prima principalmente lana de oveja y un 60% se dedica a la venta de esa producción; alrededor de un 30% de las personas se dedican a la producción agrícola y ganadera (Cevallos, 2015).

Resultados en los porcinos

La presencia de *Oesophagostomum spp.* (42,9%), *Metastrongylus spp.* (28,6%), *Trichuris spp.* (14,3%) y *Áscaris spp.* (14,3%) destacan en los resultados de los helmintos entéricos zoonóticos en los porcinos (Figura 4) (Tabla 4). Las especies *Ascaris suum*, *Trichuris suis* y *Oesophagostomum sp.*, son comunes en todo el mundo, además de ser zoonóticos, sin embargo, estos parásitos han recibido poca atención por parte de los parasitólogos veterinarios (Roepstorff, Mejer, Nejsum, & Thamsborg, 2011). Un estudio realizado en cerdos de Uganda-África, examinó la prevalencia de helmintos gastrointestinales y los factores de riesgo asociados, los resultados obtenidos fueron: *Strongylus spp.* (57,1%), *Metastrongylus spp.* (7,6%), *Ascaris suum* (5,9%), *Strongyloides ransomi* (4,2%) y *Trichuris suis* (3,4%) (Roesel et al., 2017).

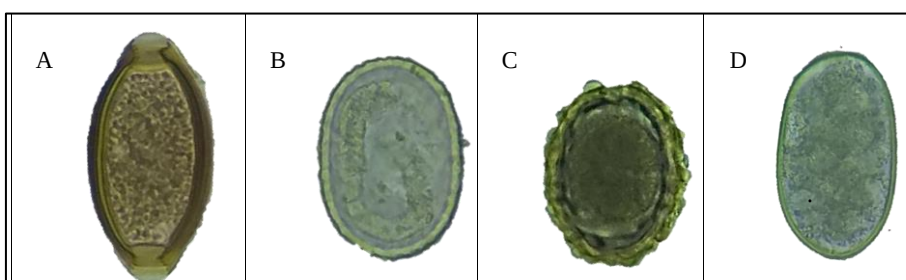


Figura 7. Figura Helmintos entéricos zoonóticos en porcinos, del sector de Chimbaloma. **a)** *Trichuris spp.* **b)** *Metastrongylus spp.* **c)** *Ascaris spp.*

d) *Oesophagostomum* spp.

Otra investigación que se llevó a cabo en una aldea rural de Camboya-Asia, los parásitos helmintos que infestan a los cerdos y además tienen potencial zoonótico son: *Oesophagostomum* spp. (73,7%), seguido de *Ascaris* spp., *Trichuris* spp., *Capillaria* spp. Al comparar los resultados, se puede decir que los helmintos diagnosticados en cerdos del sector Chimbalo, infestan frecuentemente a esta especie animal.

En una investigación realizada en cerdos de traspato, de municipio de El Sauce – León, Nicaragua, se identificaron los helmintos *Ascaris suum*, *Hyostrongylus rubidus*, *Strongiloides ransomi*, *Oesophagostomum* spp, y *Trichuris suis* (Luna & Kyvsgaard, 2005), algunas de las especies encontradas coinciden con los resultados de Chimbalo a pesar de ser animales que se encuentren en otras regiones o países.

Los habitantes del sector de Chimbalo tienen crianza de cerdos de traspato, estos animales la mayoría de ocasiones se encuentran en contacto con otras especies (aves de corral, caninos, felinos), la ausencia de un control adecuado de sus excrementos y la falta de desinfección de los corrales, aumenta el riesgo de transmisión de parásitos helmintos zoonóticos a humanos y animales, como revelan los resultados del primer caso reportado en Latinoamérica de Metastrongylosis pulmonar en humanos, esta enfermedad generalmente ataca a los cerdos (Calvopiña *et al.*, 2016).

Resultados en aves

No se encontró ningún parásito zoonótico en las aves de corral, por lo que no son un riesgo para la transmisión de parásitos zoonóticos a humanos que viven en el sector de Chimbalo. Generalmente las aves de corral no presentan helmintos zoonóticos, a excepción de las infestaciones accidentales. En un estudio realizado en Ecuador, provincia de Cotopaxi, se encontró *Toxocara cati* en las aves de corral (Bracho, 2009). La transmisión posiblemente se dio por ingesta accidental de la forma infectante (huevos embrionados) del parásito.

Análisis bivariado entre los factores de riesgo y la presencia de helmintos entéricos zoonóticos en los animales domésticos del sector

En el análisis bivariado entre los factores de riesgo y la presencia o ausencia de enteroparásitos helmintos zoonóticos, se considera un valor de $p < 0.05$ estadísticamente significativo. Los resultados indican que no existe una asociación significativa entre la cantidad de especies de parásitos que infectan cada animal doméstico y las variables

consideradas, en donde sexo tiene $p > 0,05$ ($p = 0,75$); especie ($p = 0,09$); hábitat ($p = 0,51$); edad ($p = 0,80$); eliminación de excretas ($p = 0,36$); desparasitaciones ($p = 0,12$). A las variables alimentación, manejo de basura, calidad del agua de bebida y eliminación de excrementos humanos, no se les puede calcular estadísticos porque son constantes.

La encuesta epidemiológica reveló que el manejo y eliminación de la basura es mediante compostera/abono, además el agua de bebida para los animales es no apta para el consumo debido a que no poseen un sistema de potabilización, tampoco existe alcantarillado, es decir que la eliminación de los excrementos humanos se realiza mediante un pozo séptico. En las figuras 10, 11 y 12 se puede observar las malas condiciones de higiene y sanidad que presentan los habitantes del sector de Chimbaloma.

Se analizó por separado el hábitat de los caninos, debido a que el hábitat de los bovinos era una variable constante al permanecer siempre fuera del hogar, aun así, no se encontró diferencia significativa al ser $p = 0,4$. Sin embargo la probabilidad de infección con helmintos zoonóticos fue mayor en caninos en comparación con las otras especies, pero de igual manera sin significación estadística ($p = 0,082$). Lo contrario sucede en los resultados del estudio realizado en Jos, Nigeria, en donde el riesgo de infección fue mayor en bovinos, en comparación con caninos (Ekong et al., 2012). Esta diferencia en los resultados podría estar relacionado al hecho de que los caninos de Chimbaloma, deambulan libremente por las calles, haciendo que estén más expuestos a la forma infectiva del parásito y a la contaminación, que las otras especies animales (Figura 8).



Figura 8. a) y b) Caninos y ave de corral deambulando libremente, falta de higiene en la vivienda, alimentos en contacto con el suelo posiblemente contaminado con huevos de helmintos.

Al no haber un factor de riesgo significativo se puede decir que los animales domésticos de Chimbaloma tienen la misma probabilidad de infestarse, esto puede deberse a varios factores: El muestreo de los animales en Chimbaloma se realizó de diciembre – enero, meses que Otavalo tuvo temperaturas promedio de 9 – 18° C y precipitaciones de 0 a 15 MM con un promedio de 2MM (AccuWeather, 2018), es decir épocas ligeramente lluviosas con clima templado. Al estudiar la estacionalidad de enteroparásitos en suelos, encontraron una marcada disminución de la prevalencia en los meses de verano, a diferencia de la época de lluvias, en donde aumentaron las frecuencias de recuperación de parásitos y el número de especies encontradas (Pierangeli et al., 2003).

La importancia del suelo como factor de riesgo, está condicionada a sus características estructurales de humedad, vegetación y variables climáticas, que favorecen la sobrevivencia de los huevos y larvas de los helmintos (Pierangeli et al., 2003). Las helmintiasis transmitidas por el suelo dependen de ambientes con heces contaminadas, especialmente en áreas rurales donde existe pobreza, saneamiento precario y falta de agua potable, características que posee el Sector de Chimbaloma (Figuras 1, 8 y 9) (Hotez *et al.*, 2006; Pereira, de Souza, López, & Pereira, 2010).



Figura 9. Fosa séptica de una de las viviendas del sector de Chimbaloma.

El 23% de los animales de Chimbaloma presentaban de dos a cuatro especies de parásitos, lo que favorece la ocurrencia simultánea de Helmintos y otras enfermedades transmisibles, debido a la depresión de la inmunidad específica del huésped. El multiparasitismo está relacionado a factores de riesgo como la falta de higiene y saneamiento, el acceso al agua potable, el clima (M'bondoukwé *et al.*, 2018). En el

ambiente adecuado los huevos pueden permanecer viables varios años y los gusanos adultos sobreviven en el hospedador entre uno y cuatro años, favoreciendo las altas tasas de reinfección (Hotez *et al.*, 2006).

El hecho de que no exista un programa de desparasitación en los animales de Chimbaloma, aumenta el riesgo de una transmisión vertical de helmintos, ya sea a través de mecanismos prenatales o galactógenos (Burgio *et al.*, 2011). A pesar de que el hospedador puede generar una respuesta inmune, muchos helmintos sobreviven durante largos períodos, posiblemente esté relacionado al tamaño de los parásitos adultos y a la motilidad, ya que los grandes parásitos producirán mayores consecuencias físicas en el hospedador (Wakelin, 1996). Una causa que puede estar relacionada a la presencia de Helmintos en los animales de Chimbaloma puede ser la predisposición a infecciones graves (o leves) (Hotez *et al.*, 2006). También se puede inducir tolerancia inmune al adquirir infecciones antes o poco después del nacimiento (Wakelin, 1996).

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados mostraron una alta prevalencia aparente (75,7%) de parásitos helmintos zoonóticos, es decir que, de 100 animales, 76 presentan alguna forma parasitaria, habiendo incluso casos de multiparasitismo. Esta cifra es preocupante al tratarse una infección zoonótica. Los helmintos entéricos zoonóticos identificados incluyen: *Ancylostoma* spp. (17,5%), *Trichostrongylus* spp. (12,6%) *Strongyloides* spp. (9,7%); *Trichuris* spp. (6,8%); *Oesophagostomum* spp. (8,7%); *Uncinaria* spp. (6,8%); *Toxocara* spp. (6,8%); *Metastrongylus* spp. (1,9%); *Capillaria* spp. (1,9%); *Fasciola* spp. (1%); *Taenia* spp. (1%) y *Ascaris* spp. (1%)

En cuanto a los factores de riesgo se reveló que no existe una asociación significativa entre la cantidad de especies de parásitos que infectan cada animal doméstico y las variables consideradas, debido a que ningún valor es igual o inferior a $p < 0.05$. Al no haber un factor de riesgo significativo se puede decir que los animales domésticos de Chimbaloma tienen la misma probabilidad de infestarse, esto puede deberse a varios factores: multiparasitismo, predisposición a infecciones graves (o leves), malas condiciones de higiene y saneamiento, falta de agua potable, pluviosidad, humedad, vegetación y temperatura, que favorecen la sobrevivencia de los huevos y larvas de los helmintos

Es importante destacar el riesgo al que están expuestos los habitantes del sector de Chimbaloma que conviven diariamente y comparten el mismo ambiente con los animales

domésticos que dieron positivo al estudio coproparasitológico. Hay que poner especial interés en los niños, adultos mayores y personas con enfermedades inmunosupresoras, que son los más susceptibles a este tipo de patologías.

Los helmintos representan una amenaza para la salud animal y humana, y es deber de los Médicos humanos y Médicos Veterinarios enfatizar el riesgo de estas infestaciones. Por lo tanto, se hace necesario implementar acciones profilácticas que promuevan la educación sanitaria de la comunidad, un control veterinario con planes de desparasitación a los animales, educación en tenencia responsable de mascotas y Bienestar Animal.

Bibliografía

AccuWeather. (2018). Condiciones meteorológicas en Ecuador - Otavalo.

Condiciones Metereológicas. Otavalo. Retrieved from <https://www.accuweather.com/es/ec/otavalo/123096/december-weather/123096?monyr=12/1/2017&view=table>

Adedipe, O., Chibuike, E., Oluwatoyin, V., Adejoju, O., & Babalola, S. (2014).

Gastrointestinal Helminths in Slaughtered Cattle in Ibadan, South- Western Nigeria. *Veterinary Medicine*. <https://doi.org/10.1155/2014/923561>

AGROCALIDAD. Toma y envío de muestras en animales domésticos, Pub. L. No. INT/DA/019, 27 (2016). Retrieved from <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2015/09/instructivo-toma-y-envio-de-muestras-en-animales-domesticos-19-01-2017.pdf>

Alarcón, Z. K, Juyo, V, & Larrotta, JA (2015). Caracterización epidemiológica de parásitos gastrointestinales zoonóticos en caninos con dueño del área urbana del municipio de la mesa Cundinamarca. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 62 (1), 20-36. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v62n1.49382>

Awadallah, M. A. I., & Salem, L. M. A. (2015). Zoonotic enteric parasites transmitted from dogs in Egypt with special concern to *Toxocara canis* infection. *Veterinary World*, 8, 946–957. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2015.946-957>

Becerril, M. A. (2014). *Parasitología Médica* (Segunda). México: McGraw-Hill.

- Bowman, D. D. (2011). *Parasitología para Veterinarios* (Novena). Barcelona, España: Elsevier España.
- Bracho, C. (2009). *Identificación de Parásitos Intestinales Zoonóticos, a partir de muestras fecales humanas y animales en la comunidad Indígena, San Bartolomé de Romerillos, Cotopaxi*. Universidad de las Américas.
- Burgio, F., Sabalete, T., & Fariñas, F. (2011). Zoonosis frecuentes por parásitos helmínticos caninos y felinos. *ARGOS Portal de Veterinaria*. Retrieved from <http://argos.portalveterinaria.com/noticia/6678/articulos-archivo/zoonosis-frecuentes-por-parasitos-helminticos-caninos-y-felinos.html>
- Calderón, G. (2016). *Identificación y prevalencia de parásitos gastrointestinales en bovinos del cantón Centinela del Cóndor en la provincia de Zamora Chinchipe*. Universidad Técnica Particular de Loja. Retrieved from [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/15594/3/Calderón Zhingre%2C Gladys Balvina - TESIS Final.pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/15594/3/Calderón%20Gladys%20Balvina%20-%20TESIS%20Final.pdf)
- Calvopina, M., Caballero, H., Morita, T., & Korenaga, M. (2016). Human Pulmonary Infection by the Zoonotic *Metastrongylus salmi* Nematode. The First Reported Case in the Americas. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 95(4), 871–873. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.16-0247>
- Campos, Claudia y Guzmán, Carolina (2004). Indicadores de contaminación fecal en biosólidos aplicados en agricultura. *Universitas Scientiarum*, 9 (1),59-67. [fecha de Consulta 13 de septiembre de 2022]. ISSN: 0122-7483. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49990107>
- Cazorla Perfetti, Dalmiro, & Morales Moreno, Pedro. (2013). Parásitos intestinales de importancia zoonótica en caninos domiciliarios de una población rural del estado Falcón, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 53(1), 19-28. Recuperado en 13 de septiembre de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482013000100003&lng=es&tlng=es.
- Castro, G. A. (1996). Helminths: Structure, Classification, Growth, and Development. In S. Baron (Ed.), *Medical Microbiology* (Cuarta). Texas. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK8282/>

- CDC. (2012). Parasites - Zoonotic Hookworm. Retrieved March 5, 2018, from <https://www.cdc.gov/parasites/zoonotichookworm/>
- CDC. (2013). Toxocariasis - Epidemiology & Risk Factors. Retrieved from <https://www.cdc.gov/parasites/toxocariasis/epi.html>
- CDC. (2017a). Strongyloidiasis. Retrieved March 5, 2018, from <https://www.cdc.gov/dpdx/strongyloidiasis/index.html>
- CDC. (2017b). Trichuriasis. Retrieved March 2, 2018, from <https://www.cdc.gov/dpdx/trichuriasis/index.html>
- Cevallos, M. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Doctor Miguel Egas Cabezas 2015-2019*. Otavalo. Retrieved from http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1060018630001_PDOT_DR_27-10-2015_22-50-06.pdf
- Dantas-Torres, F., & Otranto, D. (2014). Dogs, cats, parasites, and humans in Brazil: opening the black box. *Dantas-Torres and Otranto Parasites & Vectors*, 7(22). <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-22>
- Delgado, R. (2017). Prevalencia de parásitos con potencial zoonótico en perros callejeros de la ciudad de Ciego de Ávila. *Mediciego*, 23(2). Retrieved from <http://www.revmediciego.sld.cu/index.php/mediciego/article/view/630/112>
- Ekong, P. S., Juryit, R., Dika, N. M., Nguku, P., & Musenero, M. (2012). Prevalence and risk factors for zoonotic helminth infection among humans and animals - Jos, Nigeria, 2005-2009. *Pan Afr Med J*, 12(6). Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3396872/>
- Figuerola, J., Quiroz, H., López, M., & Ibarra, F. (2011). *Epidemiología de enfermedades parasitarias en animales domésticos* (Primera). México: Departamento de Parasitología, FMVZ-UNAM.
- Francisca Milano, Alicia María, Oscherov, Elena Beatriz, Legal, Adriana Soraida, & Espinoza, Mabel Carolina. (2007). La vivienda urbana como ambiente de transmisión de algunas helmintiasis caninas de importancia zoonótica en el Nordeste Argentino. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 47(2), 199-204. Recuperado en 13 de septiembre de 2022, de

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482007000200006&lng=es&tlng=es.

GAHI. (2018). Global Atlas of Helminth Infections. Retrieved March 1, 2018, from <http://www.thiswormyworld.org/es/gusanos>

González, A., & Giraldo, J. (2015). Prevalencia de parásitos intestinales zoonóticos en caninos (*Canis lupus familiaris*) del área urbana del Municipio de Coyaima (Tolima). *Revista Med*, 23(2). Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-52562015000200003

Google maps. (2015). Google maps. Retrieved octubre 30, 2017, from <https://www.google.com.ec/maps>

Herrera, L., Ríos, L., & Zapata, R. (2013). Frecuencia de la infección por nemátodos gastrointestinales en ovinos y caprinos de cinco municipios de Antioquia. *Red de Revistas Científicas de América Latina Y El Caribe, España Y Portugal*, 18(3), 3851–3860. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/693/69329149015/>

Hotez, P., Bundy, D., Beegle, K., Brooker, S., Drake, L., Silva, N. de, ... Savioli, L. (2006). Helminth Infections: Soil-transmitted Helminth Infections and Schistosomiasis. In *Disease Control Priorities in Developing Countries* (Segunda). New York. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11748/>

Hotez, P., Jacobson, J., Brindley, P. J., Bethony, J. M., King, C. H., & Pearce, E. J. (2008). Helminth infections: the great neglected tropical diseases. *Journal of Clinical Investigation*. <https://doi.org/10.1172/JCI34261>

INSHT. (2015). *Toxocara spp*. Retrieved from [http://www.insht.es/RiesgosBiologicos/Contenidos/Fichas de agentes biologicos/Fichas/Toxocara spp. 2016.pdf](http://www.insht.es/RiesgosBiologicos/Contenidos/Fichas%20de%20agentes%20biologicos/Fichas/Toxocara%20spp.%202016.pdf)

Iza, M. (2015). *Evaluaciónn de la Frecuencia de enteroparásitos de caninos en tres refugios del Distrito Metropolitano de Quito*. Universidad Central del Ecuador. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6786/1/T-UCE-0014-038.pdf>

María M. Juárez, Verónica B. Rajala, (2013). Parasitosis intestinales en Argentina:

principales agentes causales encontrados en la población y en el ambiente, *Revista Argentina de Microbiología*, Volume 45, Issue 3, Pages 191-204, ISSN 0325-7541, [https://doi.org/10.1016/S0325-7541\(13\)70024-5](https://doi.org/10.1016/S0325-7541(13)70024-5).

Joffe, D., Niekerk, D. Van, Gagné, F., Gilleard, J., Kutz, S., & Lobingier, R. (2011). The prevalence of intestinal parasites in dogs and cats in Calgary, Alberta. *Can Vet J*, 52(12), 1323–1328. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3215466/>

Koneman, E. W., Winn, W. C., Allen, S. D., Janda, W. M., Procop, G. W., Woods, G. L., & Schrenckenberger, P. C. (2008). *Diagnóstico Microbiológico* (Sexta). Argentina: Editorial Médica Panamericana.

Luna, L., & Kyvsgaard, N. (2005). Ocho diferentes especies de parásitos gastrointestinales fueron identificadas en cerdos de traspatio en El Municipio de El Sauce - León. Nicaragua. *REDVET*, 6(10). Retrieved from <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101005/100520.pdf>

M'bondoukwé, N., Kendjo, E., Mawili-Mboumba, D., Koumba, J., Offouga, C., Nkoghe, D., ... Bouyou-Akotet, M. (2018). Prevalence of and risk factors for malaria, filariasis, and intestinal parasites as single infections or co- infections in different settlements of Gabon, Central Africa. *Infectious Diseases of Poverty*, 7(6). <https://doi.org/10.1186/s40249-017-0381-4>

Marín, S., & Benavides, J. (2007). Parásitos en aves domésticas (*Gallus domesticus*) en el Noroccidente de Colombia. *Vet.zootec*, 1(2), 43–51. Retrieved from <http://vetzootec.ucaldas.edu.co/downloads/v1n2a05.pdf>

Mateus, T. L. (2014). Multiple Zoonotic Parasites Identified in Dog Feces Collected in Ponte de Lima, Portugal — A Potential Threat to Human Health. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 11, 9050–9067. <https://doi.org/10.3390/ijerph110909050>

Matthys, B., Bobieva, M., Karimova, G., Mengliboeva, Z., Jean-Richard, V., Hoimnazarova, M., ... Wyss, K. (2011). Prevalence and risk factors of helminths and intestinal protozoa infections among children from primary schools in western Tajikistan. *Parasites & Vectors*. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-195>

Ministerio de Salud Pública. Reglamento de Manejo de Desechos Infecciosos para la Red de Servicios de Salud en el Ecuador, Pub. L. No. 681, 14 (2010).

Retrieved. <http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/Jackson/Control y mejoramiento de la salud pública - Salud Ambiental.pdf>

- Morales, M., Soto, S., Villada, Z., Buitrago, J., & Uribe, N. (2016). Helmintos gastrointestinales zoonóticos de perros en parques públicos y su peligro para la salud pública. *CES Salud Pública*, 7(2). Retrieved from file:///D:/Documents/Downloads/3593-19935-1-PB.pdf
- Morales-Moreno, Pedro, & Cazorla-Perfetti, Dalmiro José (2015). PARÁSITOS INTESTINALES DE *Thecadactylus rapicauda* (Reptilia: Squamata, Phyllodactylidae) EN CORO, ESTADO FALCÓN, VENEZUELA. *Revista Científica*, XXV (4), 346-351. [fecha de Consulta 13 de Septiembre de 2022]. ISSN: 0798-2259. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95941173011>
- Murillo-Zavala, Anita María, Rivero, Zulbey Ch, & Bracho-Mora, Angela. (2020). Parasitosis intestinales y factores de riesgo de enteroparasitosis en escolares de la zona urbana del cantón Jipijapa, Ecuador. *Casmera*, 48(1), e48130858. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3754787>
- Naupay I, Asucena, Castro H, Julia, & Tello A, Manuel. (2019). Prevalencia de parásitos intestinales con riesgo zoonótico en *Canis lupus familiaris* de la localidad de Retes, Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30 (1), 320-329. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i1.15766>
- Oliveira, Camila Belmonte et al. Ocorrência de *Giardia* sp. e *Cryptosporidium* sp. em *Leopardus weidii* de vida livre. *Ciência Rural* [online]. 2008, v. 38, n. 2 [Acessado 13 Setembro 2022], pp. 546-547. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000200042>>. Epub 31 Jan 2008. ISSN 1678-4596. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000200042>.
- Paller, V. V., & C. de Chavez, E. (2014). *Toxocara* (Nematoda: Ascaridida) y otros helmintos transmitidos por el suelo Huevos que contaminan los suelos en zonas urbanas y rurales seleccionadas de Filipinas. *The Scientific World Journal*, 2014. <https://doi.org/10.1155 / 2014/386232>
- Pereira, M., de Souza, F., Lopes, C., & Pereira, M. (2010). Prevalence of parasites in soil and dog feces according to diagnostic tests. *Veterinary Parasitology*, 170(1–2), 176–81. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.02.007>

- Pérez, E. G. (2013). *Parasitología Médica* (Primera). México: Manual Moderno.
- Pierangeli, N., Giayetto, A., Manacorda, A., Barbieri, L., Soriano, S., Veronesi, A., ... Basualdo, J. (2003). Estacionalidad de parásitos intestinales en suelos periurbanos de la ciudad de Neuquén, Patagonia, Argentina. *Tropical Medicine and International Health*, 8(3), 259–263.
Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1046/j.1365-3156.2003.01006.x>
- Quilodrán-González, Daniela, Gadické, Paula, Junod, Tania, Villaguala-Pacheco, Carmen, & Landaeta-Aqueveque, Carlos. (2018). FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A PARÁSITOS GASTROINTESTINALES ZOONÓTICOS EN PERROS CAPRINOS, REGIÓN DEL BIOBÍO, CHILE. *Revista Chilena de Ciencias Agropecuarias*, 34 (2), 118-125. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902018005000401>
- Ramón, G. (2012). *Prevalencia de Helminthos Gastrointestinales (Cestodos y Nematodos) en caninos de la ciudad de Cuenca*. Universidad de Cuenca.
Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/383/1/TESIS.pdf> Roepstorff, A., Mejer, H., Nejsun, P., & Thamsborg, S. M. (2011). Helminth parasites in pigs: New challenges in pig production and current research highlights. *Veterinary Parasitology*, 180, 72–81. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.05.029>
- Roesel, K., Dohoo, I., Baumann, M., Dione, M., Grace, D., & Henning, P. (2017). Prevalence and risk factors for gastrointestinal parasites in small- scale pig enterprises in Central and Eastern Uganda. *Parasitology Research*, 116(1), 335–345. <https://doi.org/10.1007/s00436-016-5296-7>
- Sanchez, A. L., Gabrie, J. A., Rueda, M. M., Mejia, R. E., Bottazzi, M. E., & Canales, M. (2014). A Scoping Review and Prevalence Analysis of Soil- Transmitted Helminth Infections in Honduras, 8(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002653>
- Scaini, Carlos James et al. Contaminação ambiental por ovos e larvas de helmintos em fezes de cães na área central do Balneário Cassino, Rio Grande do Sul. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* [online]. 2003, v. 36, n. 5 [Acessado 13 Setembro 2022] , pp. 617-619. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0037-86822003000500013>>. Epub 22 Out 2003. ISSN 1678-9849. <https://doi.org/10.1590/S0037-86822003000500013>.

- Schär, F., Inpankaew, T., Traub, R. J., Khieu, V., Dalsgaard, A., Chimnoi, W., ... Odermatt, P. (2014). The prevalence and diversity of intestinal parasitic infections in humans and domestic animals in a rural Cambodian village. *Parasitology International*, 63, 597–603. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24704609>
- SEPEAP, & AEP. (2010). Pediatría Integral. *Revista de Educación Integral Del Pediatra Extrahospitalario*, (13), 110. <https://doi.org/M-13628-1995>
- Shumbej, T., Belay, T., Mekonnen, Z., Tefera, T., & Zemene, E. (2015). Soil-Transmitted Helminths and Associated Factors among Pre-School Children in Butajira Town, South-Central Ethiopia: A Community-Based Cross-Sectional Study. *PLoS One*, 10(8). Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4548951/>
- Sixtos, C. (2017). Procedimientos y técnicas para la realización de estudios coproparasitoscópicos. *VIRBAC MÉXICO S.A. de C.V.*, (24). Retrieved from <http://www.webveterinaria.com/virbac/news25/compania.pdf>
- Torres, R. (2015). *Estudio epidemiológico sobre la presencia de parásitos gastrointestinales y ectoparásitos en el ganado ovino de tres comunidades del cantón Guamote, provincia de Chimborazo*.
- Universidad de las fuerzas Armadas. Retrieved from <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10368/1/T-ESPE-048458.pdf>
- Uribarren, T. (2016). Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Medicina, UNAM. Retrieved March 1, 2018, from cdc.gov/parasites/es/about.html
- Vélez-Hernández L, Reyes-Barrera KL, Rojas-Almaráz D, Calderón-Oropeza MA, Cruz-Vázquez JK, Arcos-García JL. (2014). Riesgo potencial de parásitos zoonóticos presentes en heces caninas en Puerto Escondido, Oaxaca Salud Publica Mex 2014;56:625-630. <https://www.scielo.org/pdf/spm/.v56n6/625-630/es>
- Viney, M. (2017). Strongyloides. *Parasitology*, 144(3), 259–262. <https://doi.org/10.1017 / S0031182016001773>

Wakelin, D. (1996). Helminths: Pathogenesis and Defenses. In B. S. (Ed.),

Medical Microbiology (Cuarta). Texas.

Zanzani, S. A., Cerbo, A. R. Di, Gazzonis, A. L., Genchi, M., Rinaldi, L., Musella, V.,
... Manfredi, M. T. (2014). Canine Fecal Contamination in a Metropolitan Area
(Milan, North-Western Italy): Prevalence of Intestinal Parasites and Evaluation of
Health Risks. *Hindawi Publishing Corporation. Scientific World Journal*.
<https://doi.org/10.1155/2014/132361>

Zanzani, S. A., Gazzonis, A. L., Scarpa, P., Berrilli, F., & Manfredi, M. T. (2014).
Intestinal Parasites of Owned Dogs and Cats from Metropolitan and Micropolitan
Areas. Prevalence, Zoonotic Risks, and Pet Owner Awareness in Northern Italy.
Biomed Res Int. <https://doi.org/10.1155/2014/696508>

CAPITULO III

FACTORES ASOCIADOS A LA MASTITIS SUBCLINICA EN BOVINOS

Susana Sánchez de Rojas

Universidad Técnica de Babahoyo, FACIAG
Carrera de medicina veterinaria
Docente de Bioquímica

Iliana Sanches Bermúdez

Medica Veterinario Zootecnista

Juan Carlos Gómez Villalva

Universidad Técnica de Babahoyo, FACIAG
Carrera de medicina veterinaria
Docente de Salud Pública Veterinaria

Carmen Vásconez

Universidad Técnica de Babahoyo, FACIAG
Carrera de agropecuaria

Resumen

La mastitis subclínica es una patología que afecta a las hembras bovinas lecheras en las glándulas mamarias, para su prevención es necesario implementar técnicas rápidas que controlen el cuadro infeccioso evitando patologías agudas causantes de pérdida de cuartos de la ubre. La técnica California Mastitis Test (CMT) fue aplicada en tres hatos lecheros en la parroquia Pimocha del Cantón Babahoyo de la Provincia de Los Ríos considerando los casos muy positivos (+++), positivos (++) , ligeramente positivos (+) cuando la reacción fue inmediata con formación de gel consistente, suave y ligero respectivamente, pequeñas aglutinaciones o trazas se consideró negativo. De 184 animales muestreados el 52.17 % dio positivo. Con el 57 % en La Delia, 31.91 % en San Antonio y 32.5 % en Rodeo Grande. Los factores de riesgo se evaluaron aplicando la Guía De Buenas Prácticas Pecuarias De Producción Leche Resolución Técnica N° 0217. R.O.No.842 del 30 noviembre 2012. Agrocalidad, capítulos IX, X y XI con los literales respectivos. El 75 % de cumplimiento para el diseño y distribución artículo IX lo obtuvo La Delia, 64.29 % San Antonio y 50% Rodeo Grande. En infraestructura y manejo del animal correspondiente al artículo X el cumplimiento fue de 64.29 % La Delia, 21.43 % San Antonio y 28.57 % Rodeo Grande. El cumplimiento del artículo IX para las condiciones de higiene tanto para vaqueros,

animales e infraestructura fue de 50.0 % para La Delia y 0% los hatos restantes. Los valores en dólares estimados como pérdida por cuartos afectados, perdidos y leche de descarte fueron de 8174 \$ en los tres hatos lecheros, correspondiendo a 5684 \$ al hato con mayor número de animales en producción esto es 95, 1446 \$ San Antonio con 47 animales y 1044 \$ Rodeo Grande, considerando los costos por servicios profesionales y compra de fármacos.

Palabras claves: California Mastitis Test, mastitis, aglutinaciones o trazas.

Introducción

La mastitis es la inflamación de la glándula mamaria en respuesta a un daño local que puede ser de origen infeccioso, traumático o tóxico Bramley *et al*, (1996). Esta enfermedad se considera como la más importante de la lechería a nivel mundial, lo que incluye a la industria, debido a las grandes pérdidas que esta ocasiona en la producción láctea, fundamentalmente en su forma subclínica, ya que incide negativamente en la composición de la leche, los gastos en servicios veterinarios y de medicamentos, el desecho temprano de las vacas afectadas, el descarte de volúmenes de leche por contaminación con agentes antimicrobianos, así como en la calidad de los derivados lácteos (Alfonso-Insua *et al.*, 2020).

Ponce *et al* (2010) citado por García (2018), menciona que la mastitis subclínica no conlleva cambios visibles en la leche o en la ubre, y se caracteriza por reducción en la producción, alteración en la composición de la leche y presencia de componentes inflamatorios en ésta causada por microorganismos infecciosos, lesiones traumáticas o tóxicas. Las bacterias causantes pueden ser patógenos mayores o menores de la glándula mamaria. Los patógenos mayores incluyen *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae* y *Actinomyces pyogenes*, y otras bacterias como *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp. y *Enterobacter* spp.

Se estima que un tercio de todas las vacas lecheras en todo el mundo están afectadas por cualquier forma de mastitis en uno o más cuartos (Philpot, 2002, citado por Ibarra *et al*, 2022). Esta enfermedad puede presentarse en forma clínica, subclínica o crónica (wellenberg *et al.*, 2002, citado por Ibarra *et al* 2022). Según lo planteado por Cotrino (2003), se estima que el 10% de los casos de mastitis, corresponden a la forma clínica y casi el 90 % a la subclínica. La mastitis subclínica se presenta como la principal forma de mastitis en vacas lecheras modernas, con rango de tasa de infección de 20% a 65% en los rebaños en todo el mundo Gitau *et al.* (2012), citado por Winston, 2018; Ibarra *et al.*, 2022.

En todas las formas clínicas de mastitis bovina la localización anatómica y conformación externas de las glándulas mamarias en las hembras predispone a lesiones traumáticas, invasión de microorganismos patógenos proveniente de suelo, además los tipos de ordeño, manejo, ambiente, razas y otros factores ambientales contribuyen al desarrollo de la enfermedad, resultando importante un recordatorio anatómico y fisiológico para el entendimiento del tema.

En su estructura externa la ubre representa un conjunto de cuatro glándulas de origen dérmico, considerándola glándula sudorípara modificada y cubierta externamente por una piel suave al tacto, provisto de pelos finos excepto en los pezones. Su apariencia es sacular redondeada, se encuentra fuera de la cavidad del cuerpo adosándose a la pared abdominal por medio del aparato suspensorio.

Está compuesta de cuatro cuartos totalmente independientes, dos delanteros y dos traseros. La capacidad de los cuartos traseros es responsable de segregar el 60% del total de leche producida, mientras que los delanteros representan el 40 % restantes. Los cuartos delanteros están separados de los traseros por un septo fino de tejido conectivo no definido anatómicamente, mientras que los derechos están separados claramente de los izquierdos por el ligamento suspensorio medio, el mismo que está compuesto por tejido elástico amarillo, y forma el aparato suspensorio de la ubre conjuntamente con los ligamentos laterales de tejido fibroso blanco que se inserta en la sínfisis pélvica y tendón pre púbico y la piel (Schmidt y Van Vleck, 1974, citado por Larrea *et al*, 2016).

Cada cuarto finaliza en un pezón, cuya longitud media es de 7 a 8 cm y tiene como función facilitar la transmisión de la leche de la madre al ternero. Los pezones están constituidos por un plexo venoso eréctil y una red nerviosa capaz de transmitir rápidamente el estímulo del mamado al cerebro y permitir una bajada eficiente de la leche. La pared de los pezones está formada por cuatro capas definidas que con importantes funciones en la prevención de infecciones mamaria y el control de la bajada de la leche. Las capas constitutivas son epidermis, dermis, músculos y endotelio.

Cada pezón posee internamente un canal de aproximadamente 5 a 13 mm de longitud, el mismo que se acorta junto a un diámetro efectivo a medida que transcurren las lactancias, aumentando así la susceptibilidad a nuevas infecciones en animales adultos. El canal del pezón se continua internamente con la cisterna del pezón a través de unos pliegues de la

mucosa, la "roseta de Furstenberg", que junto con el esfínter papilar es de gran importancia para evitar la salida pasiva de la leche.

Entre la cisterna del pezón y la cisterna de la glándula existe una constricción circular formada por tejido conjuntivo denso, el pliegue anular, mismo que interviene impidiendo el flujo de leche por medio de un septo horizontal cuando el cuarto no es funcional o ciego.

La cisterna de la glándula difiere en forma y tamaño en cada cuarto, su capacidad varía entre 100 y 400 gramos. En cada cisterna desembocan entre 10 a 12 conductos de gran tamaño que se ramifican hacia el interior de la glándula en conductos menores desembocando en el aparato secretor formado por lóbulos cubiertos por una capa de tejido conectivo, en su interior se ubican lobulillos, unidos por conductos pequeños interlobulillares, que se ramifican en conductos hasta llegar a la unidad funcional de producción de leche, los alvéolos. Cada lobulillo posee entre 150 y 220 alvéolos y el conjunto de ellos forman el tejido secretor de la glándula mamaria (Schmidt, 1974, citado por Larrea *et al.*, 2016).

Cada alvéolo o acini consta de una membrana propia y dos capas de células. Las células de la capa interna tienen función secretora y se llaman lactocitos, las células de la capa externa presentan elementos mioepiteliales.

Los lactocitos o células alveolares constituyen un sistema abierto, con elevada capacidad de regeneración. La porción de la membrana basal del lactocito es rugosa y favorece la absorción de los precursores para la síntesis de la leche, a través de la red capilar.

El sistema de túbulos que permite la salida de la leche al exterior y que forma el estroma glandular a partir de los alvéolos da lugar a un sistema convergente de conductos en orden creciente de diámetro que se denominan intralobulares, interlobulares y galactóforos.

La glándula cuenta con una rica inervación de tipo simpático, que, por su acción vasomotora, tiene una importante función sobre el control de su flujo sanguíneo (Díaz 2009).

Las dos vastas redes capilares que irrigan la glándula mamaria son alimentadas por las arterias púbcas externas. Los sistemas venosos y linfáticos son muy complejos. Es de notar que algunos tipos de células mononucleares móviles (leucocitos o glóbulos blancos de un solo núcleo) se filtran normalmente a través de las paredes de los acinis y pasan de esta manera a la leche.

El volumen de plasma sanguíneo que pasa por la ubre para formar 1 litro de leche es de 400 litros, pudiendo ser hasta 1000 litros en vacas de bajo rendimiento, mal alimentadas y viejas.

En relación con la producción de leche y a la estructura anatómica de la ubre, es necesario indicar que la independencia de cada cuarto hace que, frecuentemente, se comprueben diferencias en la capacidad de producción y en la composición de la leche de unos a otros. Estas diferencias son debidas a infecciones de la ubre, que pueden estar localizadas en un solo cuarto.

Además, la existencia de un sistema colector convergente hacia una salida única hace inevitable la difusión de las infecciones a la totalidad del cuarto. La capacidad elevada de la ubre hace que, durante el periodo de repleción, pueda constituir un medio de cultivo para diversos microorganismos.

La suspensión no elástica tiene por consecuencia el que toda deformación con alargamiento del órgano sea irreversible, ya sea accidental o debida, por ejemplo, a una práctica defectuosa del ordeño. Este alargamiento se acompaña de una relación del tejido que también favorece la infección.

El estado del orificio del pezón llamado meato puede ser más o menos “eficaz” contra el ingreso de microorganismos, debido a que hay un estiramiento producido por el ordeño lo que limita la protección contra las infecciones.

El considerable aporte sanguíneo que la ubre recibe hace que esta glándula se comporte como un emuntorio, de modo que por esta vía es posible la eliminación de sustancias diversas incluyendo bacterias. La infección de la ubre puede ser de origen endógeno, es decir, gérmenes aportados por la sangre.

La migración leucocitaria de la ubre a la leche es un hecho fisiológico; pero esta migración solo es responsable del paso de un número limitado de células. La presencia de numerosos leucocitos sobre todo polinucleares tiene una significancia patológica (Alais, 1985).

El desarrollo de la glándula mamaria en la hembra se realiza durante 5 fases del desarrollo animal: prenatal, antes de la pubertad, después de la pubertad, gestación e inicio de la lactación.

Los estadios más importantes del desarrollo de la glándula en estas 5 épocas de la hembra son:

- a) El desarrollo fetal de la glándula mamaria puede identificarse desde las primeras etapas del desarrollo embrionario después de los 30 días de concepción cuando se aprecia un estrato de células cuboidales ectodérmicas que forman la banda mamaria en la región inguinal. Realmente, el mayor desarrollo de la glándula en la vida fetal se efectúa durante los primeros 6 meses.
- b) Desarrollo de la glándula desde el nacimiento a la pubertad.

El desarrollo de la glándula en esta etapa del crecimiento animal se debe a un aumento de tejido conjuntivo con deposición de grasa, sin embargo, hay un cierto crecimiento de tejido secretor, ya que el sistema de conductos continúa desarrollándose.

Se ve poca correlación entre el desarrollo glandular hasta este punto y la producción láctea que tendrá el animal; es por esto que este parámetro no nos da mucha información para seleccionar becerras antes de la pubertad.

- c) Desarrollo de la glándula después de la pubertad.

Con cada estro existe un ligero brote o desarrollo de tejido glandular, gracias a la influencia de las hormonas ováricas, estrógenos, progesterona, hormona del crecimiento (HST), prolactina e insulina. Los estrógenos primero son responsables del crecimiento de los conductos, y la progesterona del desarrollo lóbulo-alveolar.

- d) Cambios durante la preñez.

La mayor parte del crecimiento glandular sucede durante la preñez. Hay un desarrollo del sistema de conductos durante los primeros meses de gestación; pero al quinto mes los lóbulos ya están formados, aunque estén muy pequeños. Existe un gran crecimiento lóbulo- alveolar al final del sexto mes.

También durante los meses quinto y sexto, hay marcado crecimiento del seno lactífero glandular.

- e) Cambios durante la lactación.

Existe un desarrollo adicional de la glándula al inicio de la lactación, habiendo poca proliferación celular después de éste. Aparentemente las células que se destruyen y eliminan en la leche durante la lactación no son reemplazadas por mitosis durante las últimas fases de ella (Gonzalez 2021).

El inicio de la lactancia es acompañado por aumento del volumen sanguíneo, producción cardiaca, flujo sanguíneo mamario y flujo sanguíneo a través del flujo sanguíneo hepático y gastrointestinal, que proveen a la glándula mamaria con nutrientes y hormonas para la síntesis de leche.

El reflejo de eyección se activa con la presencia de leche en la glándula y la oxitocina que actúa en la contracción de las células mioepiteliales. Además de los mecanismos centrales, mecanismos locales dentro de la glándula mamaria regulan el inicio de la lactancia, mantenimiento, regulación del flujo sanguíneo y apoptosis (muerte programada) de las células de la glándula mamaria.

Estudios recientes han demostrado que la vasopresina tiene un lugar en la eyección de leche. Una mayor eficiencia en la respuesta de oxitocina se obtiene si la vaca es alimentada durante el ordeño. Además del ordeño, la oxitocina tiene influencia en el comportamiento maternal y el metabolismo. La fisiología de la lactancia es uno de los más interesantes y cambiantes áreas de investigación en biología. Debido a los sistemas de selección y reproductivos, las vacas lecheras producen mucha más leche que la necesaria para criar su cría.

A pesar del aumento de la producción lechera, la composición de la leche se mantiene y no reproduce los cambios productivos. Los cambios en las demandas metabólicas en las vacas en lactancia tienden a aumentar. Hoy, trastornos en la lactancia se manifiestan y relacionan con stress metabólico, mastitis, patologías pódalas (Glauber, 2007).

Afecciones de la ubre

Mastitis.

La mastitis es un proceso inflamatorio de la glándula mamaria y es comúnmente una consecuencia de una infección microbiana causada por patógenos que penetran a la glándula a través del canal del pezón.

Es considerada una enfermedad altamente prevaleciente en el ganado lechero, y es una de las más importantes que afecta mundialmente la industria lechera; pues ocasiona pérdidas económicas muy fuertes a todos los productores de leche en el mundo debido a la disminución de la calidad y cantidad de leche producida y un aumento en los costos de tratamiento y servicios veterinarios, y pérdida de animales.

Mastitis subclínica.

La mastitis subclínica se caracteriza por la presencia de un microorganismo en combinación con un conteo elevado de células somáticas en leche, esta puede desarrollar fácilmente una inflamación.

Esta presentación de la enfermedad es la más persistente en el ganado lechero; Ocurre frecuentemente, y puede conducir a grandes pérdidas económicas no solo por la reducción de la producción, también por los elevados conteos de células somáticas presentes en los tanques de leche, la mastitis subclínica no se puede ver a simple vista, solo por pruebas de laboratorio.

Mastitis clínica.

La mastitis clínica es definida como una anormalidad en las glándulas mamarias de la vaca o la leche, que puede ser fácilmente observada. Se caracteriza por la tumefacción o dolor en la ubre, enrojecimiento de la misma, la leche puede presentar una apariencia anormal y, en algunos casos, hay aumento de la temperatura rectal, letargo, anorexia e incluso la muerte (Zaravia Valladolid, 2019).

Prevalencia de mastitis subclínica.

La mastitis subclínica es una enfermedad con elevada prevalencia en el ganado lechero, y es una de las patologías más importantes que afectan la industria láctea y ocasionan pérdidas económicas a los productores de leche en el mundo. Por ello, se ha reconocido durante algún tiempo como el padecimiento más costoso en los hatos lecheros.

La mastitis subclínica no conlleva cambios visibles en la leche o en la ubre, y se caracteriza por reducción en la producción, alteración en la composición de la leche y presencia de componentes inflamatorios en esta (García Sánchez, 2018)

Clasificación de los agentes causales de la mastitis.

La mastitis contagiosa es causada por los siguientes microorganismos.

Staphylococcus aureus, *Streptococcus agalactiae*, *Arcanobacterium pyogenes*,
Mycoplasma
spp

La mastitis ambiental es producida por gérmenes Gram-negativos asociados al medio ambiente.

Escherichia coli, *Klebsiella spp*, *Enterobacter spp*, *Serratia spp*

Y algunos Gram positivos como:

Streptococcus uberis y *Streptococcus dysgalactiae* (Caro Carvajal et al., 2014).

Transmisión de la enfermedad.

La infección de la enfermedad se transmite desde una vaca infectada a una sana, durante el ordeño a través del equipo, utensilios de ordeño, moscas, las manos del ordeñador si están contaminadas, también cuando las condiciones de higiene y sistema de ordeño no son adecuadas.

Los organismos que causan la mastitis viven en diferentes ambientes (materia fecal, cama, piel, etc.). La limpieza general de las vacas y su alojamiento, como también buenos procedimientos de manejo (especialmente ordeño) son formas efectivas de controlar la difusión de la mastitis (Nallar 2017).

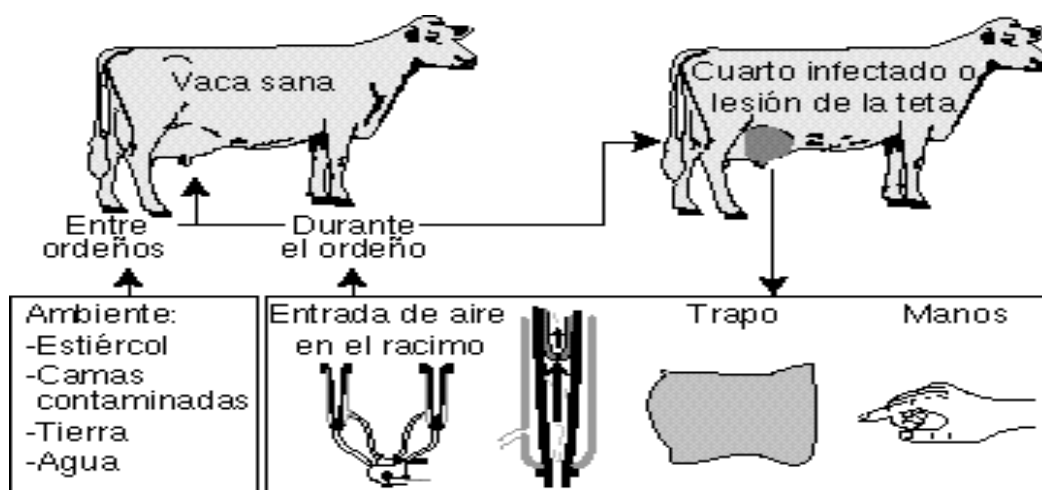


Figura 1. Tres de las principales rutas de transmisión bacteriana durante el ordeño.

Patogenia

La infección de la glándula mamaria se produce siempre siguiendo la vía del conducto del pezón, y a simple vista el desarrollo de la inflamación después de la infección se considera un fenómeno natural. Sin embargo, el desarrollo de mastitis es más complejo y se puede explicar en tres etapas: invasión, infección e inflamación del área dañada y destrucción del tejido alveolar.

Invasión

En prácticamente todos los casos, las bacterias causantes de la mastitis penetran a la glándula mamaria a través del canal del pezón, que se convierte en la primera y más importante barrera de defensa de la glándula mamaria.

De ahí la gran importancia de reducir la carga microbiana de la piel del pezón y preservar la funcionalidad del canal y del esfínter, antes que las bacterias penetren y colonicen el parénquima, porque en este último caso, ocurre la respuesta inflamatoria y con ella el daño al epitelio secretor y a la calidad de la leche.

Considerando lo pequeño de la longitud del canal (8-15 mm), la estructura microscópica y bioquímica del canal son muy efectivas en evitar la penetración bacteriana, incluyendo el estado funcional del esfínter. Si bien en la estructura de la queratina se han caracterizado proteínas catiónicas y algunos ácidos grasos de cadena larga con actividad bactericida, ahora se sabe que no son activas “in vivo”.

Ciertas características físicas del canal del pezón parecen jugar un papel más importante en el mecanismo de defensa del canal, entre ellas el largo del canal, el diámetro máximo que alcanza al momento del flujo máximo de leche (entre los 2-3 minutos de ordeño) y la masa descamable de queratina.

Se ha demostrado una mayor susceptibilidad a las nuevas infecciones, tanto durante la lactancia como en los primeros días después del secado, en aquellas vacas con flujos máximos de leche muy altos.

También la presencia de una masa íntegra de queratina es de importancia para impedir la prevención bacteriana, ya que las células de la capa superficial del epitelio queratinizado del canal son capaces de adsorber a las bacterias en una “película” de lípidos extracelulares. Esta película proporciona también una débil adhesión intercelular entre las células queratinizadas viejas ya descamadas, lo que no impide su expulsión por el flujo de leche durante el ordeño.

Son entonces la adsorción de las bacterias a la queratina, combinado con su descamación regular fisiológica y su remoción por el flujo de leche, los mecanismos responsables de su capacidad de defensa.

Infección

Es la etapa en la que los gérmenes se multiplican rápidamente e invaden el tejido mamario; se establece una población microbiana que se disemina por toda la glándula, dependiendo de la patogenicidad del microorganismo. El tipo de bacteria determina su capacidad de multiplicarse en la leche y adherirse al epitelio mamario.

La virulencia de especies bacterianas individuales al parecer se debe, por lo menos en parte, a esta capacidad de adherencia. La infección se produce más fácilmente en el período de secado, debido a la ausencia de flujo. Se ha aceptado en términos generales este concepto, pero un análisis cuidadoso sugiere que la susceptibilidad es alta en el período de secado, aunque mucho menor en el cuarterón glandular que ha permanecido seco durante algún tiempo.

Influencia de la mastitis subclínica en la calidad composicional de la leche

La mastitis subclínica conlleva a una alteración significativa de los componentes químicos como la grasa, proteína, lactosa y contenido de los minerales, aumentando las cualidades indeseables de la leche como lo son las enzimas proteolíticas, sales y rancidez, se reduce también la aptitud quesera y la estabilidad térmica (García-Sánchez, 2018)

Factores predisponentes de la mastitis

Existen varios factores que predisponen a la mastitis, entre los más importantes tenemos los relacionados al estrés, la nutrición y condiciones ambientales, así como aquellos asociados al animal, como son: la edad, número de parto y la etapa de lactancia.

Estrés

Las vacunaciones, calor excesivo, falta de alimento, confinamiento, etc., son factores estresantes que van a reducir la producción láctea y concentrar las células elevando el conteo de células somáticas por ml de leche.

Edad

A mayor edad hay más predisposición, debido a la dificultad de curación de las heridas en los pezones, lo que provoca el ingreso de microorganismos al canal del pezón produciendo mastitis.

Factores nutricionales

La alimentación de las vacas está encaminada a aumentar la producción lechera, haciendo que estas sufran una mayor tensión fisiológica, que puede llegar a producir mastitis. Las deficiencias alimenticias también producen vacas débiles, lo que las hace mucho más propensas a una infección en la ubre (Andresen 2001).

Higiene del ordeño

Antes de iniciar el ordeño se debe revisar el adecuado funcionamiento de los equipos mecánicos e implementar prácticas que garanticen la prevención sanitaria y faciliten la higiene de la ubre.

En lo referente al equipo y materiales, es importante la limpieza posterior al ordeño anterior. Los implementos deben estar bien escurridos para evitar contaminación con agua, detergente o desinfectante.

Sobre el ordeñador, se requiere limpieza y ropa adecuada para el trabajo; es decir: overol, mandil, botas y guantes.

a. Orden del ordeño

Las vacas para ordeñar deben ser separadas en un solo lote para ser llevadas a la zona de ordeño despacio y con la mayor tranquilidad, evitando los golpes. Debe planificarse el orden del ordeño: primero se ordeñarán las vacas primerizas, luego vacas viejas y, por último, las vacas con problemas. Así, se evitará el contagio de enfermedades como la mastitis dentro del hato. Esto se facilitará implementando la Prueba de California mastitis test por lo menos una vez a la semana.

b. Manejo de los animales

Debe usarse “manea”, es decir, una soga para atar los miembros posteriores de la vaca, para evitar que el movimiento de estos ocasione dificultades durante el ordeño o la proliferación de suciedad y elementos extraños en el recipiente con la leche. Asimismo, las vacas deben ordeñarse siempre a la misma hora y en el mismo lugar, en el cual debe haber agua y alimento disponible. También se debe evitar la presencia de perros, gatos, etc.

c. Utensilios limpios

Se deben usar recipientes adecuados y limpios (baldes, porongos, manteles, sogas, etc.).

d. Condición del ordeñador

El ordeñador debe gozar de buena salud para evitar la contaminación de la leche. Asimismo, tiene que usar mandil y gorra blancos y limpios, y evitar el uso de sortijas y tener heridas en las manos, así como tener las uñas cortadas y lavarse las manos con abundante agua y jabón antes y después del ordeño.

e. Flameo del pelo de la ubre

Esta rutina se debe realizar para mejorar la limpieza de la ubre y de los pezones, ya que, al no existir pelos en los pezones, presentes mayormente en vacas con ordeño sin ternero, se evita que la suciedad se quede en los mismos y el secado de los pezones al momento de lavar se realiza de manera más eficiente, también se evita el goteo de agua.

f. Cortar el mechón de la cola

La vaca utiliza la cola como un medio de defensa móvil y suele contaminarse con las heces, tierra y otros elementos, los cuales pueden llegar a la leche durante el ordeño. Al cortar el mechón, no solamente se evita la suciedad, sino que además se facilita su manejo durante el ordeño manual. Generalmente, se suele asegurar la cola con el uso de la “manea”.

g. Estimulación de la vaca

Durante la estimulación de la vaca se dan los siguientes procedimientos:

- Traslado de las vacas al lugar del ordeño.
- El contacto de la piel de la ubre con la mano del ordeñador al momento de la limpieza de los pezones.
- Presencia cercana del ternero.
- El sonido de la máquina de ordeño o de los utensilios de ordeño.

Durante el ordeño

El ordeño requiere de una consistente higiene de la ubre. El objetivo de un buen ordeño es asegurarse que se realice en pezones limpios y con ubres bien estimuladas, y que la leche sea extraída en forma rápida y eficiente. La preparación de la vaca no debe tardar más de un minuto, porque es el tiempo en que la Oxitocina, sustancia necesaria para la bajada de la leche, alcanza su pico. Debe evitarse cualquier situación de estrés, porque se produce el denominado “sub-ordeño” u “ordeño incompleto” que predispone a la mastitis.

La rutina adecuada de ordeño debe incluir:

- Inspección, limpieza del pezón, despunte, pre sellado, secado del pezón, colocación de la unidad, ajuste y retiro.
- El objetivo de la preparación de la vaca es ordeñar pezones secos, limpios y bien estimulados.

Los pasos recomendados en un ordeño son los siguientes:

a. Inspección

Revisar la vaca, la ubre y el pezón, buscando marcas, lesiones o algún signo.

b. Limpieza

Eliminar manualmente los excesos de estiércol seco o húmedo; recordar que las bacterias ni corren ni vuelan, sino nadan y que, por lo tanto, el exceso de agua favorece su desarrollo.

En caso de realizar ordeño manual, se deberá hacer un lavado con agua solamente a nivel de pezón con agua a baja presión; sin embargo, se deberá realizar un secado con toallas de papel desechables e individual por pezón, que es más seguro y simple que tener muchas toallas de género.

Debe asegurarse de limpiar bien la punta del pezón porque es la fuente de contaminación por coliformes y es el mejor estímulo para la vaca.

-Lavar la ubre con agua limpia y tibia.

-Usar papel y/o una toalla individual para secar.

-La limpieza de la ubre, a su vez, sirve de estímulo a la vaca para la bajada de la leche.

c. Despunte: Eliminación y examen de primeros chorros

Consiste en eliminar el primer chorro de leche para desechar bacterias, y examinar la leche en un tazón de fondo oscuro. Con este procedimiento, se puede detectar anomalía de la leche, como grumos, pus (mastitis clínica), sangre y, además, se puede disminuir la cantidad de bacterias en los pezones. Nunca se debe realizar en las manos, en el piso o en las patas de la vaca.

d. Pre sello

Puede usarse para sustituir el agua, y humedecer y remover partículas sólidas adheridas al pezón. Debe dejarse actuar por un mínimo de diez segundos.

e. Lavado y desinfectado de manos

Se lavan las manos con jabón, y luego se desinfectan al inicio del ordeño y cada vez que se ensucien. De preferencia, se recomienda usar guantes de goma.

f. Ordeño

El ordeño debe realizarse en forma suave y segura. Esto se logra apretando el pezón de la vaca con todos los dedos de la mano. Para garantizar que la leche salga sin mayor esfuerzo, se deben realizar movimientos suaves y continuos; esto se tiene que repetir hasta que la cantidad de leche contenida en la cisterna de la ubre no permita mantener la presión sobre el pezón. La cantidad recomendada de tiempo que se dispone para extraer o sacar la totalidad de la leche de la vaca es de seis a siete minutos; al exceder ese tiempo, se produce una retención natural de la leche por parte de la vaca, lo que afecta la buena y sana producción de leche, y propicia la incidencia de mastitis, lo que resulta en una significativa reducción de los ingresos en el negocio de producción de leche.

g. Colocación y alineamiento de pezoneras (ordeño mecánico)

Se colocan las pezoneras alrededor de un minuto después de eliminar los primeros chorros. Al colocar las pezoneras, se doblan los tubos de estas para que no entre aire. Además, las pezoneras tienen que ser colocadas sin doblar. Se deben ajustar, por si cae o se afloja para evitar fuga de vacío y reflujo de leche.

h. Retiro de pezoneras (ordeño mecánico)

Antes de retirar las pezoneras, hay que cortar el vacío. No debe hacerse apoyo. Es oportuno para evitar sobre ordeño, evitar pesas para escurrido y cerrar la fuente de vacío antes de retirar la unidad.

i. Sellado de los pezones

Se aplica el sellador para proteger la piel de la resequedad y proveer de una barrera de protección contra bacterias, ya que la teta queda húmeda de leche y es un medio de cultivo excelente. Se debe hacer el sellado inmediatamente después de retirar las pezoneras o de

haber hecho el ordeño manual, pues esto reduce el ingreso de patógenos a la ubre. Se realiza sumergiendo todo el pezón en una solución desinfectante (sellador de pezones). Después del sellado, se tiene que procurar que las vacas estén paradas por lo menos treinta minutos; para lograr esto, se debe brindar alimento después del ordeño.

Después del ordeño

a. Pesado, registro y filtrado

En primer lugar, pesar la cantidad de leche ordeñada en cada vaca. Anotar la producción de leche en un cuaderno. Filtrar la leche, utilizando una tela blanca para evitar el paso de impurezas.

b. Transporte al tanque de enfriamiento

La leche es un producto sumamente perecible y muy adecuado para el crecimiento microbiano. Por eso, debe ser enfriada cuanto antes (max.1/2 hora después del ordeño). El tanque de enfriamiento se encuentra a 4°C disminuyendo la contaminación de la leche.

c. Limpieza de utensilios

Los utensilios deben ser lavados inmediatamente después del ordeño con agua caliente y con algún desinfectante. Enjuagar bien y secar.

Máquina de ordeño e instalaciones

Sistema de ordeño para bovinos El ordeño consiste en la extracción la leche almacenada en las ubres de las hembras en lactación, se puede realizar de forma manual o mecánica. En la actualidad se utiliza el ordeño mecánico de forma generalizada, que consiste en “la extracción rápida y completa de la leche sin dañar al pezón y al tejido mamario”, que se realiza mediante el empleo de elementos mecánicos que generan de manera discontinua y cíclica vacío a nivel del pezón, extrayendo la leche y conduciéndola a un recipiente. En realidad, sólo trata de copiar el método de succión que emplean las crías para la extracción de la leche.

El ordeño manual se refiere a la extracción de leche en intervalos, llevada a cabo por el hombre. El ordeñador se sitúa del lado que le sea más fácil el manejo, se sienta sobre un taburete y sujeta la cubeta que recibirá la leche. Este ordeño se practica de forma simultánea en dos glándulas de la ubre.

El método, consiste en: con la palma de la mano se toma el pezón y con el dedo índice y el pulgar se presiona la base del pezón y se impulsa hacia abajo. En un segundo momento se cierra la mano iniciando así la actividad apretando y empujando con suavidad la leche hacia afuera con el dedo del medio. El tercer momento sin soltar el pezón, la mano se abre permitiendo que la leche pase del seno lactífero glandular al seno lactífero del pezón, llenándose de nuevo este.

El Ordeño mecánico es la extracción de leche de la ubre por medio de máquinas que funcionan simulando la acción del becerro, mediante la aplicación del vacío, la presión negativa que se ejerce sobre el pezón varía entre los 254 y los 406 mm Hg.

La pezonera, se pone en contacto con el pezón de la vaca, esta simula la boca del becerro, esta se abre y se cierra a consecuencia de la acción del pulsador. El propósito del pulsador es provocar, en forma intermitente. Cuando el pulsador abre el espacio entre la copa y la pezonera al vacío, se igualan las presiones que hay entre el interior y exterior de la pezonera. La presión fuera de la pezonera aumenta causando la contracción de esta (Campos, 2020).

Pruebas de campo

Entre las pruebas de campo más utilizadas tenemos las siguientes:

Prueba del paño negro

Consiste en la detección de grumos en la leche, haciendo pasar los primeros chorros a través de una malla negra o bien utilizando una cubetilla especialmente diseñada para eso.

Tasa probadora o de fondo oscuro

Consiste en examinar los primeros chorros de leche de cada ordeño en un recipiente de fondo oscuro, se podrá apreciar coágulos, secreciones acuosas o color anormal, esto indica que la leche no es normal y tenemos un problema de mastitis subclínica porque no se puede observar a simple vista. (Bedolla Cedeño, 2013).

California Mastitis Test.

Es una prueba de detección rápida que detecta inmediatamente casos de mastitis bovina en leche fresca o de cuartos individuales. El California Mastitis Test (CMT) fue desarrollado por Schalm & Noorlander en 1957 para estimar el contenido de células leucocitarias de leche fresca. Es la mejor herramienta disponible para la detección temprana de mastitis bovina.

Éste es un procedimiento probado que cuenta con el respeto y la aprobación de la industria lechera.

Fundamento del test California Mastitis Test

La prueba consiste en el agregado de un detergente a la leche, el alquil- lauril sulfonato de sodio causando la liberación del ADN de las células presentes y este se convierte en combinación con agentes proteicos de la leche en una gelatina, traducándose en una lectura o interpretación del resultado como el grado más elevado de inflamación. Además, la prueba posee un colorante (purpura de bromocresol) que indica cambios de pH ocurridos en la leche a raíz de la inflamación.

El CMT mide en forma indirecta el número de células somáticas/ml. Normalmente la leche de una glándula mamaria sana tiene menos de 100.000 cel. /ml, donde el 80% de las células son macrófagos y el 20% o menos corresponden a neutrófilos (Gómez-Quispe, 2015).

Procedimiento para la toma de muestras de leche.

Roger Mellenberger, miembro del departamento de Ciencia Animal, en la Universidad del Estado de Michigan; y Carol J. Roth, del área de Ciencia Lechera, en la Universidad de Wisconsin-Madison; revelaron **la hoja información sobre la prueba de Mastitis California.**

Pasos

De forma detallada los expertos extranjeros indicaron los pasos a seguir para hacer la prueba con resultados satisfactorios. “Se toma una muestra de leche de cada cuarto en una raqueta de CMT limpia”, indicaron.

La raqueta tiene 4 pequeños compartimientos marcados con A, B, C, y D para identificar los cuartos de los que proviene cada muestra.

En primer lugar, se tomará una cucharada de leche, aproximadamente 2 centímetros cúbicos que se pondrán en cada cuarto. El segundo paso consiste en agregar igual cantidad de CMT a cada compartimiento. En tercer lugar, se mezclarán los líquidos durante 10 segundos, como máximo.

Finalmente, se leerá el resultado de la prueba que aparecerá por un tiempo de 20 segundos. “La reacción recibe una calificación visual. Entre más gel se forme, mayor es la calificación”, se concretó en la hoja de información de la mastitis subclínica.

Si el resultado no muestra espesamiento indica que no hay infección, si se percibe un ligero espesamiento, se comprende que hay detectado un caso leve de mastitis.

Cabe resaltar que no hay infección si en ninguno de los 4 compartimientos se espesa la mezcla. Si en 1 o 2 de ellos se forma la gelatina, sí la hay. Ya para comprender si es un caso positivo débil, evidente o fuerte se analiza:

Positivo débil

Se define espesamiento de la mezcla, pero sin tendencia a formar gel. Si la raqueta se rota por más de 20 segundos, el espesamiento puede desaparecer.

Positivo Evidente

Inmediato espesamiento de la mezcla con ligera formación de gel. Mientras la mezcla se agita, esta se mueve hacia el centro de la copa y se expone al fondo del borde externo. Cuando el movimiento se detiene, la mezcla se nivela y cubre todo el fondo de la copa.

Positivo Fuerte

Hay formación de gel y la superficie de la mezcla se eleva como un huevo frito). Esta elevación central permanece después de detener el movimiento de rotación de la raqueta de CMT (Mellenberger, 2000)

Interpretación de los grados del CMT.

El grado de CMT está directamente relacionado con el promedio del conteo de células somáticas. En esta tabla se muestra como están relacionados.

<i>Una reacción de T (trazas) o más indica que hay mastitis subclínica en el cuarto. Grado de CMT</i>	Rango de Células Somáticas	Interpretación
N (Negativo)	0 – 200,000	Cuarto Sano
T (Trazas)	200,000 – 400,000	Mastitis Subclínica
1	400,000 – 1,200,000	Mastitis Subclínica
2	1,200,000 – 5,000,000	Infección Seria
3	Más de 5,000,000	Infección Seria

Hoja de información preparada por:

La mastitis es una enfermedad infecciosa presente en todos los hatos lecheros a nivel mundial, a pesar de los avances tecnológicos, planes estratégicos y programas sanitarios esta enfermedad sigue provocado pérdidas económicas y productivas. El estudio realizado en uno de los cantones de la Provincia de Los Ríos como es Babahoyo ha permitido cumplir con el objetivo general de Identificar mastitis subclínica en bovinos lecheros.

Los objetivos específicos de este estudio fueron:

Utilizar la prueba de California Mastitis Test (CMT) en hatos de la Parroquia Pimocha, para la identificación de mastitis subclínica.

Identificar los factores de riesgo causantes de la mastitis subclínica en bovinos productores de leche.

Estimar las pérdidas económicas de la producción de leche por presencia de mastitis subclínica.

Metodología

La investigación se realizó en tres hatos bovinos medianos, la Delia, San Antonio, Rodeo Grande situadas en la parroquia rural Pimocha cantón Babahoyo en la provincia de Los Ríos, en las coordenadas geográficas latitud 1.8368 longitud 79.6010. La zona presenta un clima tropical húmedo, con temperatura media anual 24°C- 26°C y precipitación anual de 1500 mm y 2500 mm, con una altura de 5 m.s.n.m².

El ganado existente en los tres hatos fue el material principal, siendo hembras bovinas de las razas Brahmán, Jersey y Brown Swiss. Para la realización de la prueba se usó el reactivo CMT en solución (Laboratorios Life), paleta específica para test CMT, materiales varios como guantes, registros y otros.

Los Factores estudiados fueron los niveles de células somáticas de forma indirecta (CMT) con el criterio de evaluación de Negativo (-), Trazas (T), Ligeramente positivo (+), positivo (++) y Muy Positivo (+++). La metodología empleada en la investigación fue experimental descriptiva.

Diseño experimental

La determinación de mastitis con la prueba de CMT se realizó en la totalidad de los animales en producción de leche; así en la Hacienda La Delia se muestrearon 93 vacas, en la Hacienda San Antonio 47 vacas y en la Hacienda Rodeo Grande 40 vacas, registrándose además la producción de litros diarios de leche, raza, número de ordeños por día, cuartos perdidos, afectados, evaluación del manejo del ordeño e infraestructura del hato lechero con aplicación de buenas prácticas de ordeño según la “GUIA DE BUENAS PRACTICAS PECUARIAS DE PRODUCCION DE LECHE RESOLUCION TECNICA N°.0217. R.O.No.842 DEL 30 NOVIEMBRE 2012. AGROCALIDAD” y valoración económica de gastos incurridos en el tratamiento de la enfermedad, costos por litros perdidos y cuartos improductivos.

Datos evaluados

Los animales evaluados fue toda población de vacas que en ese momento se encontraban en periodo de lactancia y que dieron muy positivo (+++) cuando la formación del gel era inmediata de aspecto viscoso y consistente, positivo aquellos casos en que la formación del gel fue inmediata y de aspecto de gel suave, ligeramente positivo aquellos casos en que la reacción fue lenta es decir que tardó en formarse el gel, negativo cuando no hubo formación de gel y trazas la formación de un leve espesamiento con la tendencia a desaparecer lo que se consideró negativo.

Con la finalidad de recopilar información sobre los factores de riesgo causantes de la mastitis se levantó una encuesta cualitativa para obtener datos generales y concretos del manejo de los animales, personal, infraestructura, manejo sanitario de cada una de las fincas productoras. La encuesta se basó en preguntas relacionadas con el cumplimiento de la normativa vigente sobre buenas prácticas agropecuarias en la producción de leche, considerándose Si como cumplimiento y No como incumplimiento de los artículos IX y X de la resolución técnica n°.0217. R.o.no.842 del 30 noviembre 2012. Agrocalidad.

La valoración económica se determinó calculando el costo del servicio veterinario, compra de medicamentos, litros descartados, costo de la producción de leche pérdida por los cuartos improductivos, producción de leche diaria por animal y total de leche producida en cada hacienda.

Los datos del cumplimiento de las buenas prácticas pecuarias obtenidos de la encuesta se analizaron a través del Programa Microsoft Excel, y el software GraphPad Prism 6.

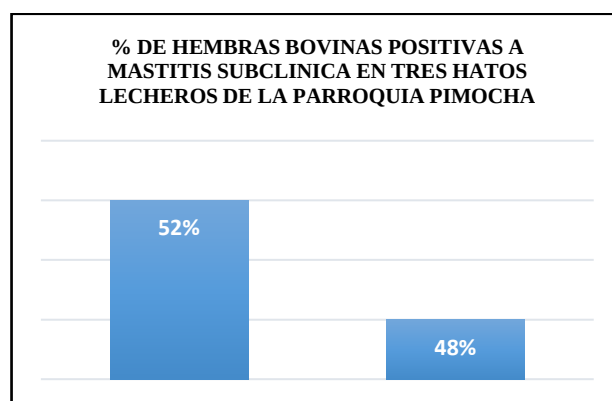
Manejo del ensayo

La investigación de mastitis subclínica mediante la prueba de CMT se realizó en cada hacienda cumpliendo el siguiente protocolo como fue el ingreso al área de ordeño o sala, lavado de ubres, secado de ubres y/o escurrido, eliminación del primer chorro, extracción de muestra 2 ml aproximadamente de cada cuarto y depositado en cada cuarto de la paleta de CMT, aplicación del reactivo en la muestra de leche en cantidad igual, agitación lenta hasta 20 segundos, observación de reacción, registro de datos, observación y anotación de resultados. Los factores de riesgos fueron evaluados en cada hacienda con la aplicación de la encuesta a los administradores, observación del estado de las instalaciones, actividades de ordeño y manejo de animales.

La evaluación de las pérdidas económicas se realizó con los datos tomados durante las visitas realizadas a cada hacienda.

Resultados

Los análisis realizados en la Parroquia Pimocha del Cantón Babahoyo sobre la incidencia de mastitis subclínica por el método California Mastitis Test (CMT) indican que, de 184 animales muestreados en tres hatos lecheros, 96 vacas en producción lechera resultaron positivas representando el 52,17 %.



Fuente: Autores

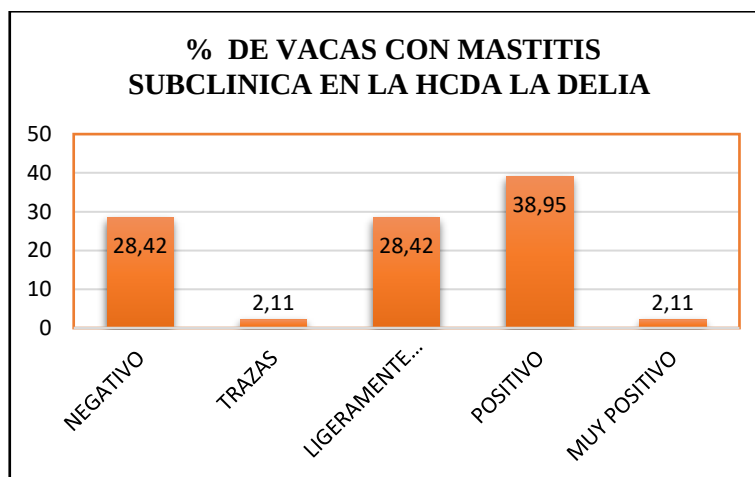
Gráfico 1. Hembras bovinas positivas a mastitis subclínicas en tres hatos lecheros.

En la Hacienda La Delia el número de animales muestreados fue de 93, la presencia de mastitis subclínica en vacas en producción fue de 2,11 % para casos muy positivos; 38,95% para casos positivos, 28,42 % casos ligeramente positivos, 2,11% trazas y 28.42 % casos negativos.

Tabla 1. % De Vacas con Mastitis Subclínica en la Hacienda La Delia

Negativo	Trazas	Ligeramente positivo	Positivo	Muy positivo
28,42	2,11	28,42	38,95	2,11

Fuente: Autores



Fuente: Autores

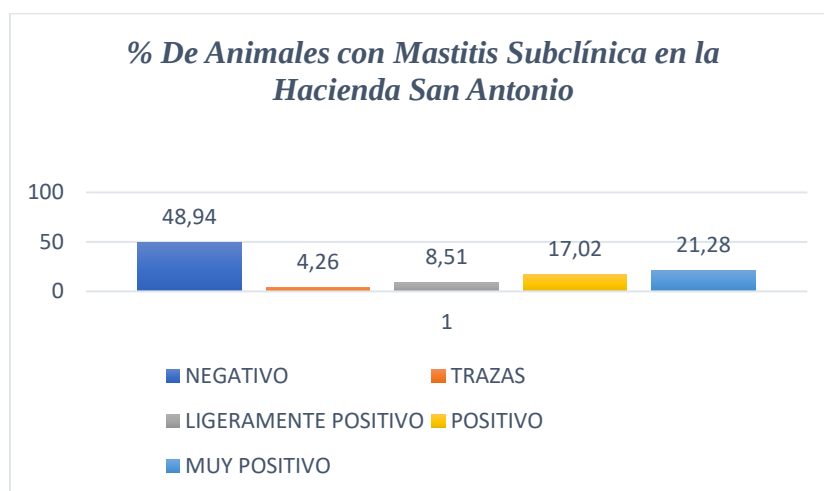
Gráfico 2. Vacas con mastitis subclínicas hda. La Delia

En la Hacienda San Antonio de los 47 animales muestreados el 21,28 % resultaron muy positivos, el 17,02 % casos positivos; 8,51 % para casos ligeramente positivos; 4,26% trazas y 48,94 % casos negativos.

Tabla 2. % De Animales con Mastitis Subclínica hacienda San Antonio

Negativo	Trazas	Ligeramente positivo	Positivo	Muy positivo
48,94	4,26	8,51	17,02	21,28

Fuente: Autores



Fuente: Autores

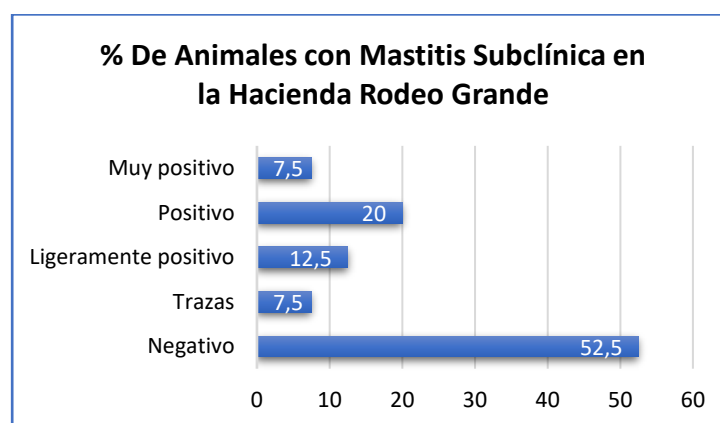
Gráfico 3. Animales con mastitis subclínicas Hda. San Antonio

El número de animales muestreados en la Hacienda Rodeo Grande fue de 40, en la tabla 3 se indica que el número de casos negativos fue mas del 50 %, los casos muy positivos representan un 7,5 %, positivos el 20 %, ligeramente positivos 12,50 % y trazas 7,5 %.

Tabla 3. % De Vacas con Mastitis Subclínica en la Hacienda Rodeo Grande

Negativo	Trazas	Ligeramente positivo	Positivo	Muy positivo
52,50	7,50	12,50	20,00	7,5

Fuente: Autores



Fuente propia

Gráfico 4. Animales con mastitis subclínicas hda. Rodeo Grande

La investigación permitió conocer el número de cuartos de la ubre afectados por mastitis subclínica, en el caso de la Hacienda La Delia 2 cuartos anteriores derechos resultaron muy positivos (0,53%), mientras que en los cuartos anteriores izquierdo no hubo casos muy positivos (0%). Los resultados para los criterios restantes se establecen en la tabla 4. En los cuartos posteriores derecho e izquierdo la afectación fue de 2 cuartos con resultado muy positivo (+++) representando el 0,53% para ambos. En la tabla 5 se detallan el número de cuartos anteriores afectados con sus porcentajes.

Tabla 4. Número y Porcentaje (5%) de Cuartos Anteriores Afectados en la Hacienda la Delia

Cuarto Anterior Derecho								Cuarto Anterior Izquierdo							
T	%	L	%	P	%	M	%	T	%	L	%	P	%	M	%
		P				P				P				P	
2	0,5	21	5,5	2	6,3	2	0,5	0	0	16	4,2	1	4,7	0	0
	3		7	4	7		3				4	8	7		

T Trazas; LP Ligeramente Positivo; P Positivo; MP Muy positivo

Tabla 5. Número y Porcentaje (5%) de Cuartos posteriores Afectados en la Hacienda La Delia

Cuarto Posterior Derecho								Cuarto Posterior Izquierdo							
T	%	LP	%	P	%	MP	%	T	%	LP	%	P	%	MP	%
0	0	16	4,24	15	3,98	2	0,53	0	0	12	3,18	9	2,39	2,0	0,53

T Trazas; LP Ligeramente Positivo; P Positivo; MP Muy positivo

En la hacienda San Antonio la afectación por mastitis subclínica en los cuartos anteriores derechos e izquierdo para casos muy positivos (+++) fue de 6 (3,19%) y 2 (1,06 %) respectivamente, en la tabla 6 se puede observar que todos los cuartos anteriores derechos e izquierdos tuvieron un grado de infección de mastitis subclínica.

El número de cuartos posteriores derecho e izquierdo con resultados muy positivos (+++) fue de 7 (3,72 %) y 3 (1,60%) respectivamente, los cuartos posteriores derechos e izquierdo presentaron diversos grados de mastitis subclínica en la tabla 7 se muestran el numero y porcentaje correspondiente, en el cuarto posterior izquierdo no se observó trazas, a diferencia del cuarto posterior derecho que fue en número de 1.

Tabla 6. Número y Porcentaje (5%) de Cuartos Anteriores Afectados en la Hacienda San Antonio

Cuartos Anteriores Derechos								Cuartos Anteriores Izquierdos							
T	%	LP	%	P	%	M	%	T	%	L	%	P	%	M	%
						P				P				P	
1	0,5	2	1,0	6	3,1	6	3,1	1	0,5	5	2,6	5	2,6	2	1,0
	3		6		9		9		3		6		6		6

T Trazas; LP Ligeramente Positivo; P Positivo; MP Muy positivo

Tabla 7. Número y Porcentaje (5%) de Cuartos posteriores Afectados en la Hacienda San Antonio

Cuarto Posterior Derecho								Cuarto Posterior Izquierdo							
T	%	LP	%	P	%	MP	%	T	%	LP	%	P	%	MP	%
1	0,53	7	3,72	3	1,6	7	3,72	0	0	11	5,85	4	2,13	3	1,60

T Trazas; LP Ligeramente Positivo; P Positivo; MP Muy positivo

Todos los cuartos analizados correspondientes a las vacas en producción de la Hacienda Rodeo Grande resultaron con presencia de mastitis subclínica unos en menor grado que otros, el número de cuartos anteriores derecho e izquierdo fue de 2 para casos muy positivos (+++) y 1 caso respectivamente, en la tabla 8 se observa los resultados en número y porcentaje.

En relación a los cuartos posteriores derecho e izquierdo el número de cuartos muy positivos (+++) es 1 para ambos cuartos, en la tabla 9 se resume el número y porcentaje de casos con la presencia de mastitis.

Tabla 8. Número y Porcentaje (5%) de Cuartos Anteriores Afectados en la Hacienda Rodeo Grande

Cuarto Anterior Derecho								Cuarto Anterior Izquierdo							
T	%	LP	%	P	%	MP	%	T	%	LP	%	P	%	MP	%
2	1,25	3	1,9	6	3,75	2	1,25	1	0,63	3	1,88	3	1,88	1	0,63

T Trazas; LP Ligeramente Positivo; P Positivo; MP Muy positivo

Tabla 9. Número y Porcentaje (5%) de Cuartos posteriores Afectados en la Hacienda Rodeo Grande

Cuarto Posterior Derecho								Cuarto Posterior Izquierdo							
T	%	LP	%	P	%	MP	%	T	%	LP	%	P	%	MP	%
1	0,63	5	3,13	2	1,25	1	0,63	3	1,9	2	1,25	3	1,88	1	0,63

T Trazas; LP Ligeramente Positivo; P Positivo; MP Muy positivo

Factores de riesgo

La identificación de los factores de riesgo se realizó aplicando la Guía de Buenas Prácticas Pecuarias de AGROCALIDAD considerando los capítulos IX, X y XI con sus respectivos literales relacionados con la infraestructura de la sala de ordeño y el manejo del ordeño, se realizó una observación de las condiciones y manejo existente además de preguntas al administrador de cada hacienda, registrándose los datos en un check list luego de realizar la entrevista.

El cumplimiento de cada literal fue registrado con un SI, y el no cumplimiento esto es la falta de servicios, infraestructuras o mantenimiento inadecuado, falta de higiene se registró con un NO. Los datos se tabularon en el software GraphPad Prism 6.

Según la tabla 10 el cumplimiento de los artículos 9, 10, 11 fue de 75%, 64.29% y 50% respectivamente, lo que significa que el artículo 9 diseño y distribución de los animales en el hato lechero tuvo un cumplimiento de requisitos de 75% correspondiente al cumplimiento (SI) para la hacienda La Delia, seguido por la hacienda San Antonio con un 37.5% que

indica que no cumple con los requisitos, en la hacienda Rodeo Grande el SI con un 62.5% también cumple los requisitos según la normativa de Agrocalidad.

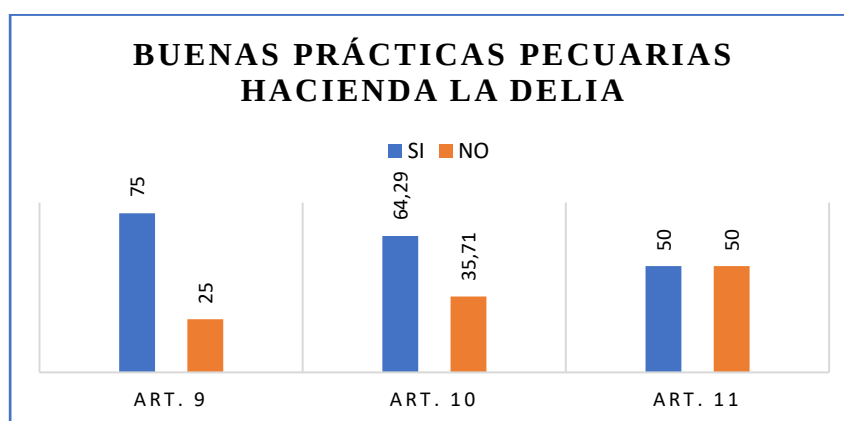
En el artículo 10 referente a la infraestructura y manejo de los animales en la hacienda La Delia el cumplimiento (SI) fue de 64,29 %, en la hacienda San Antonio 21.43 % no cumpliendo con los requisitos y en la hacienda Rodeo Grande el porcentaje fue de 28.57 % lo que indica que no cumple con los requisitos, porcentajes detallados en la tabla 10.

Con respecto al Artículo 11 acerca del cumplimiento de la higiene, en la hacienda La Delia el porcentaje de cumplimiento (SI) fue de 50% correspondiente a una parte de los requisitos, hacienda San Antonio y hacienda Rodeo Grande 0% esto nos indica que estas dos haciendas no cumplen los requisitos, registrados en la tabla 10 para la Hacienda La Delia.

Tabla 10. Cumplimiento de Buenas Prácticas Pecuarias en la Hacienda La Delia

Cumplimiento con normativa de Agrocalidad*	Artículo 9		Artículo 10		Artículo 11	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
SI	6	75	9	64,29	5	50
NO	2	25	5	35,71	5	50
TOTAL	8	100	14	100	10	100

* GUIA DE BUENAS PRACTICAS PECUARIAS DE PRODUCCION DE LECHE RESOLUCION TECNICA N°.0217. R.O.No.842 DEL 30 NOVIEMBRE 2012. AGROCALIDAD



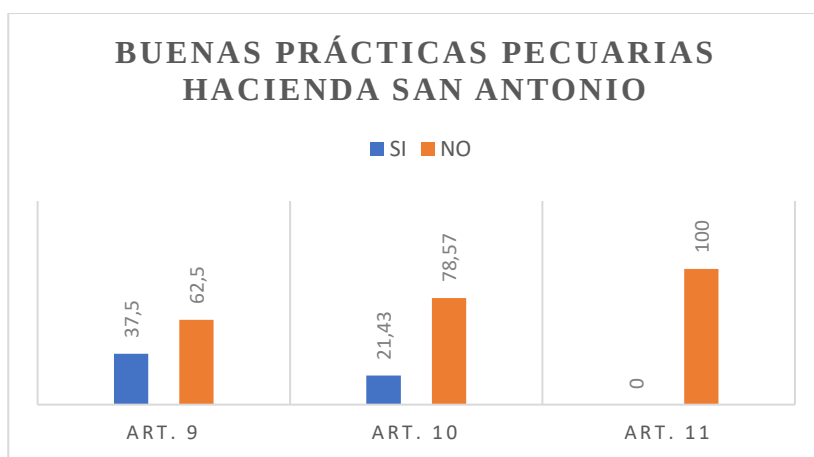
Fuente: Autores

Gráfico 5. Cumplimiento de Buenas Prácticas Pecuarias (%)

Tabla 11. Cumplimiento de Buenas Prácticas Pecuarias en la Hacienda San Antonio %

Cumplimiento con normativa de Agrocalidad*	Artículo 9		Artículo 10		Artículo 11	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
SI	3	37,5	3	21,43	0	0
NO	5	62,5	11	78,57	4	100
TOTAL	8	100	14	100	4	100

* GUIA DE BUENAS PRACTICAS PECUARIAS DE PRODUCCION DE LECHE RESOLUCION TECNICA N°.0217. R.O.No.842 DEL 30 NOVIEMBRE 2012. AGROCALIDAD



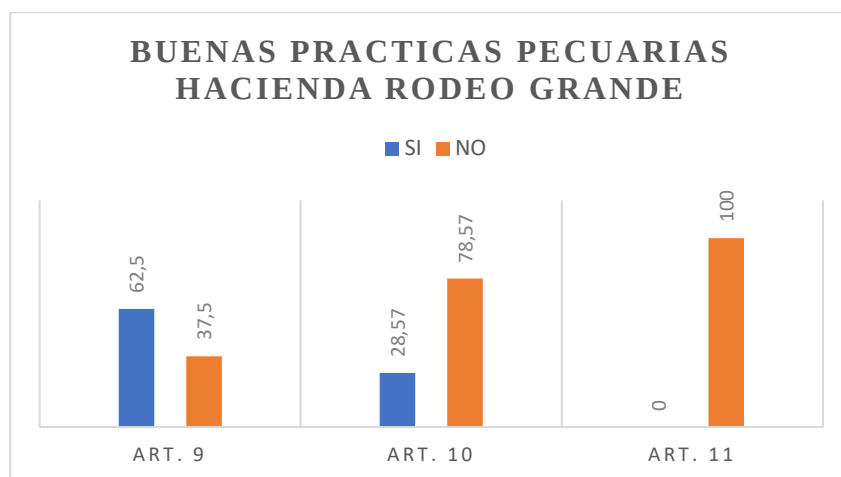
Fuente: Autores

Gráfico 6. Cumplimiento de Buenas Prácticas Pecuarias (%)

Tabla 12. Cumplimiento de Buenas Prácticas Pecuarias en la Hacienda Rodeo Grande %

Cumplimiento con normativa de Agrocalidad*	Artículo 9		Artículo 10		Artículo 11	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
SI	5	62,5	4	28,57	0	0
NO	3	37,5	10	78,57	4	100
TOTAL	8	100	14	100	4	100

* GUIA DE BUENAS PRACTICAS PECUARIAS DE PRODUCCION DE LECHE RESOLUCION TECNICA N°.0217. R.O.No.842 DEL 30 NOVIEMBRE 2012. AGROCALIDAD



Fuente: Autores

Gráfico 7. Cumplimiento de Buenas Prácticas Pecuarias (%)

Estimación de pérdidas económicas

La presencia de mastitis subclínica conlleva a una reducción en la producción de leche debido a que los cuartos de las ubres afectadas fisiológicamente producen leche, sin embargo esta no es apta para consumo, por lo que la cantidad diaria de leche en el hato está disminuida ocasionando pérdidas económicas al ganadero.

En la presente investigación estas pérdidas fueron calculadas tomando en cuenta el número de vacas en producción, litros producidos por día, total de animales afectados del hato, costo de venta del litro de leche, costo de leche de descarte, costo de medicamentos con atención médica y promedio de leche producido por cuartos.

Con estos datos se obtuvo los litros de leche que no se vendieron y el valor perdido en dólares.

El costo en la hacienda La Delia por tratamiento incluido medicamentos y servicios profesionales es de 78 dólares por animal, este valor se lo multiplicó por los animales enfermos (68) siendo el valor total de 5304 dólares.

El tiempo considerado para retiro fue de 8 días (sin usar la leche) por el tratamiento y el tiempo que no se usa la leche por la residualidad de los fármacos, que serían litros de descartes perdidos, cuyo valor es de 380 dólares.

El costo total estimado en la hacienda La Delia fue de 5684 dolares.

Tabla 13. Estimación de Pérdidas Económicas por Cuartos Afectados por Mastitis Subclínica Hacienda La Delia

Fármaco/Servicios Veterinarios	Tratamiento \$	Tratamiento y atención médica. Total \$	Días de Retiro und	Litros perdido s por descarte \$	Costo de animales infestados \$	Total, pérdidas estimadas \$
Desinflamatorios	8					
Antibiótico intramamario	5					
Antibiótico parenteral	15	78	8	380	5304	5684
Servicios profesionales	50					

Fuente: Autores

En la Hacienda San Antonio el costo total estimado por medicamentos y servicios profesionales fue de 1170 dólares, los litros perdidos representan 276 \$ y el total de pérdidas estimadas fueron de 1446 dólares.

Tabla 14. Estimación de Pérdidas Económicas por Cuartos Afectados por Mastitis Subclínica Hacienda San Antonio

Fármaco/Servicios Veterinarios	Tratamiento \$	Tratamiento y atención médica. Total \$	Días de Retiro und	Litros perdido s por descarte \$	Costo de animales infestados \$	Total, pérdidas estimadas \$
Desinflamatorios	8					
Antibiótico intramamario	5					
Antibiótico parenteral	15	78	8	276	1170	1446
Servicios profesionales	50					

Fuente: Autores

En la hacienda Rodeo Grande el costo total estimado por tratamiento fue de 1014 dólares, los litros de descarte representan 30 dólares y el total de pérdidas estimadas fue de 1044 dólares. El costo de litro de leche considerado para las tres haciendas fue de 0,50 ctvs. de dólar.

Tabla 15. Estimación de Pérdidas Económicas por Cuartos Afectados por Mastitis Subclínica Hacienda Rodeo Grande

Fármaco/Servicios Veterinarios	Tratamiento \$	Tratamiento y atención médica. Total \$	Días de Retiro	Litros perdidos por descarte \$	Costo de animales infestados \$	Total, pérdidas estimadas \$
Desinflamatorios	8					
Antibiótico intramamario	5					
Antibiótico parenteral	15	78	8	30	1014	1044
Servicios profesionales	50					

Fuente propia

Discusión

El análisis de resultados determino 96 vacas que resultaron positivas a mastitis subclínica lo que determina un 52,17 % valor menor a lo reportado por Cuenca et, al 2021 quienes señalan en su estudio que el 56,5 % de las vacas en producción evaluadas presentaban algún grado de mastitis en hatos del Cantón Biblián Provincia del Cañar-Ecuador (Cuenca-Condoy, 2021). Estudios realizados en el Cantón Montufar Provincia del Carchi -Ecuador por Ormaza Montenegro *et., al.* (2021) establecen un 35,71 % de casos positivos a mastitis, en el Cantón Rocafuerte Provincia de Manabí 38,57% por Avellán Vélez *et., al.* 2019, en el Cantón Vinces Provincia de Los Ríos 22 % de vacas con mastitis subclínica. (Jose Salvador, 2011).

El porcentaje de mastitis subclínica se ha venido incrementando en estos últimos años esto lo afirma el estudio en el 2016 el cantón Cayambe mediante la prueba de campo California Mastitis Test se muestrearon 880 cuartos mamarios provenientes de 220 vacas en producción

en 42 fincas ganaderas del 70 % Casos positivos. El factor de riesgo que influye en la prevalencia e incidencia de la enfermedad es la falta de aplicación de las buenas prácticas de ordeño (Fabián Conlago, 2016).

El factor más influyente en nuestra investigación fue la higiene las haciendas antes mencionadas dio el 0% del cumplimiento de las buenas prácticas de ordeño, considerando lo que dice Kruze (1998), las vacas a las cuales no se realiza una correcta rutina de ordeño (lavado, secado, despunte, pre-sellado, sellado) tienen mayor riesgo de contraer mastitis subclínica; así mismo, considera que la higiene de la ubre es el principal factor que predispone contraer la mastitis, en las investigaciones de Ramírez dio 92,81 %de posibilidades de contraer mastitis subclínica.

La mastitis representa graves pérdidas económicas en las haciendas ganaderas a nivel mundial causadas por la mastitis subclínica sumando las tres haciendas 8.174 \$ en relación a otros estudios que lo han hecho en general indica, que al precio estimado ascendería a US\$ 17.0 millones de dólares, que el ganadero no recibió, en este periodo analizado que fue en el periodo enero 2009 - octubre 2016 (Bedolla, 2008).

Conclusiones

La presencia de mastitis subclínica en la Parroquia Pimocha del Cantón Babahoyo empleando el método CMT fue del 52.17 % correspondiente a 96 animales de los 184 muestreados.

De los tres hatos lecheros evaluados La Delia obtuvo el mayor porcentaje seguido de Rodeo Grande y San Antonio.

El cumplimiento de las Buenas Prácticas Pecuarias respecto al Diseño y distribución fue de 75% para La Delia, 64.29 % San Antonio, 50 % Rodeo Grande, lo que afecta a los animales predisponiéndolos a adquirir esta enfermedad.

Acerca de la infraestructura y manejo de animales referente al artículo X el porcentaje de cumplimiento fue de 64.29 % (La Delia), 21.43 (San Antonio) y 28.57 % (Rodeo Grande), siendo el manejo uno de las causas contribuyentes a la aparición de mastitis sumadas a la escasa infraestructura.

Las condiciones de higiene evaluadas con el artículo XI tuvieron un cumplimiento del 50% para La Delia y 0% para los otros hatos lecheros. Factor condicionante para la aparición de

mastitis subclínica debido a que las bacterias son las causantes de inflamación e infección de los acinos mamarios de la glándula, siendo asintomática inicialmente (mastitis subclínica), para luego convertirse en mastitis clínica y aguda.

La mastitis subclínica tiene pérdidas considerables en los hatos lecheros, en la Parroquia Pimocha las estimaciones de pérdidas económicas fue de 8174 \$, correspondiendo a 5684 \$ en la hacienda La Delia, 1446\$ en la hacienda San Antonio y un 1044\$ en la hacienda Rodeo Grande.

Determinación de Mastitis Subclínica empleando la técnica de California Mastitis Test en haciendas medianas de hatos lecheros en el Cantón Pimocha.

Toma de muestra



Aplicación del reactivo CMT



Reacción negativo



Trazas



Ligeramente positivo (+)



Positivo (++)



Muy positivo (+++)



Bibliografía

Alfonso-Insua, Daniel, León-Gómez, Naillet, Pérez-García, Caridad, Ruiz-Gil, Amado Kent & Álvarez-Herrera, Igor. (2020). Comportamiento de la mastitis bovina en hatos lecheros de la provincia de Villa Clara, Cuba. *Revista de Salud Animal* , 42 (3), e10. Epub 01 de diciembre de 2020. Recuperado en 22 de septiembre de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2020000300007&lng=es&tlng=en

Alvarado C, Wigoberto, González M, Jhony, Quilcate P, Carlos, Saucedo U, José, & Bardales D, Joseph. (2019). Factores de prevalencia de mastitis subclínica en vacas lecheras del distrito de Florida, Región Amazonas, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(2), 923-931. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16088>

Alais, C. (1985). *Ciencia de la leche*, Reverté Ed. Barcelona, España, 3-11.

Andresen S, Hans. (2001). Mastitis: prevención y control. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* , 12 (2), 55-64. Recuperado el 22 de septiembre de 2022, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172001000200010&lng=es&tlng=es.

Avellán Vélez, R. Z. (2019). Prevalencia de mastitis subclínica en el ganado bovino, mediante la prueba California Mastitis Test, en el cantón Rocafuerte de la provincia Manabí, Ecuador. *Dalnet*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7177567>

Bavera, G. A. (2012). *SITIO ARGENTINO DE PRODUCCIÓN ANIMAL*. Obtenido de mastitis bovina generalidades y metodos de diagnostico. <https://www.produccion->

animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/infecciosas/bovinos_leche/78-mastitis.pdf

Bedolla Cedeño, C. (2013). *Monografias.com*. Recuperado el 12 de mayo de 2018, de Pruebas de diagnostico de mastitis.: monografias.com.

<https://www.monografias.com/trabajos96/pruebas-diagnostico-mastitis/pruebas-diagnostico-mastitis>

Bedolla, CC y Ponce de León, MER (2008). Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, IX (4),1-26.[fecha de Consulta 22 de Septiembre de 2022]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63611952010>

Benitez, J. A. (13 de 07 de 2015). *space*. Obtenido de repository:

http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17671/13072072_2015.pdf

Bramley, A. J., Cullor, L. S., Erskine, R. J., Fox, L. K., Harmon, R. S., Hogan, J. S., ... & Sordillo, L. M. (1996). Current concepts of bovine mastitis. National Mastitis Council.. 4^a. Inc., Madison, WI.

Campos, I. M. (2020). Factores que influyen en el cambio del ordeño manual al ordeño mecánico medido por productividad, infraestructura e higiene. *con mirada translocal*, 73.<https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Isaac-Lechuga-/links/5f8d2807a6fdccfd7b6bfe5d/Diversificacion-de-exportaciones-en-economias-emergentes-caso-Mexico-y-Colombia.pdf#page=73>

Caro Carvajal, Zonia Elizabeth, & Dallos-Baez, Alix Eugenia, & Andrade Becerra, Roy José (2014). Prevalencia de mastitis subclínica bovina y su etiología infecciosa en fincas lecheras del altiplano boyacense (Colombia). Revista Científica, XXIV (4),305-310.[fecha de Consulta 22 de Septiembre de 2022]. ISSN: 0798-2259. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95931404001>

Cuenca-Condoy, M., Garcia-Bracho, D., Reinoso-García, L., González-Rojas, J., & Torracchi-Carrasco, J. (2021). Detección de Mastitis Subclínica Bovina y factores asociados, en fincas lecheras de la Provincia del Cañar–Biblián, Ecuador. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 31(3), 93-98.

Díaz, A. Á., Esteban, H. P., Hernández, T. D. L. C. M., Torres, J. Q., & Puzo, A. S. (2009). *Fisiología animal aplicada*. Universidad de Antioquia.

- Fabián Conlago, N. B. (2016). Prevalencia e incidencia de mastitis bovina mediante la prueba decaliforniamastitis test con identificación del agente etiológico, en paquiestancia, Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, vol. 24, núm. 2, 2016, 2.
<https://www.redalyc.org/journal/4760/476051632003/476051632003.pdf>
- García-Sánchez, Flavia, Sánchez-Santana, Tania, López-Vigo, Onel, & Benítez- Álvarez, Miguel Ángel. (2018). Prevalencia de mastitis subclínica y microorganismos asociados a esta. *Pastos y Forrajes*, 41(1), 35-40. Recuperado en 22 de septiembre de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942018000100005&lng=es&tlng=es. García, S. F. (27 de Abril de 2018). *Scielo*. Obtenido de Scielo: <http://www.ihatuey.cu/>
- Glauber, C. E. (2007). Fisiología de la lactación en la vaca lechera. *Veterinaria argentina*, 234, 274.
- Gómez-Quispe, O. E.-B.-V.-F.-M. (2015). Criterios de interpretación del California Mastitis Test en el diagnóstico de Mastitis subclínica en bovinos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v26i1.10912>
- González, A. (2021). Fisiología de la Reproducción y Productividad en Pequeños Rumiantes. *Fisiología De La Reproducción y Productividad En Pequeños Rumiantes*.
- Ibarra Rosero E. M., O. M. (29 de junio de 2022). www.pucesi.edu.ec. Obtenido de www.pucesi.edu.ec:https://axioma.pucesi.edu.ec/index.php/axioma/article/view/735#:~:text=La%20prevalencia%20de%20mastitis%20bovina,y%20levaduras%200%2C00%25.
- Jose Salvador, J. P. (2011). *T-UCSG-pre-tec-agro-21.pdf*. obtenido de Tesis de grado: t-ucsg-pre-tec-agro-21.pdf
- Kruze, J.. (1998). La rutina de ordeño y su rol en los programas de control de mastitis bovina. *Archivos de medicina veterinaria*, 30(2), 07-16. <https://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X1998000200001>
- Larrea, A. M. (2016). Reuerdo Anatómico. En M. A. Boris, & G. A. Genero, *Glandula Mamaria y lactación* (pág. 15). Santa Rosa La Pampa Argentina: EduNLPam.

<http://www.unlpam.edu.ar/images/extension/edunlpam/QuedateEnCasa/glandula-mamaria-y-lactacion.pdf>

- Mendoza, J. A, Vera, Y. A, & Peña, LC (2017). prevalencia de mastitis subclínica, microorganismos asociados y factores de riesgo identificados en hatos de la provincia de Pamplona, norte de Santander. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* , 64 (2), 11-24. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v64n2.67209>
- Mellenberger, R. R. (Abril de 2000). *NANOPDF*. Obtenido de NANOPDF: https://nanopdf.com/queue/272pdf_pdf?queue_id=-1&x=1663571646&z=MjAwLjI0LjEzMC4xMDg=
- Nallar, R., Rolón, W., & Mollericona, J. (2017). Manual para la gestión de una ganadería sostenible. *Wildlife Conservation Society. La Paz. Bolivia*, 124. https://www.researchgate.net/profile/Rodolfo-Nallar/publication/316487550_Manual_para_la_gestion_de_una_ganaderia_sostenible/links/5900b83da6fdcc8ed50e964f/Manual-para-la-gestion-de-una-ganaderia-sostenible.pdf
- Rendón Ocampo, C. P., Santacruz Castro, A. M., Buitrago, C. P., Lesmes Chavur, A. R., & Navarrete Fernández, A. (2021). Guías de mejores prácticas para la gestión en organizaciones de productores de leche. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - agrosavia. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36733/Ver_documento_36733.pdf?sequence=1
- Zaravia Valladolid, J. (2019). *MICROORGANISMOS CAUSALES DE MASTITIS EN EL CENTRO DE PRODUCCIÓN Y FOMENTO VACUNO DE CALLQUI (CEPROFOVAC)*. Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2983>

CAPITULO IV

Dinámica de nutrientes en poblaciones de maíz híbridos en suelos Inseptisoles

Eduardo Colina Navarrete
Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias
Máster en Agroecología y Agricultura Sostenible
ncolina@utb.edu.ec

Kather Sisalema Acosta
Ingeniera Agrónoma
kathersisalema@hotmail.com

Gustavo Vásconez Galarza
Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
Master en Agroecología y Agricultura Sostenible
gvasconez@utb.edu.ec

Luis Alcívar Torres
Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias
Máster en Docencia y Currículo
lalcivar@utb.edu.ec

Resumen

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar la dinámica de nutrientes en poblaciones de maíz híbridos en suelos Inseptisoles. Se utilizaron dos híbridos de maíz Batalla y DK-7508, en dos distanciamientos de siembra y cuatro programas de fertilización, con tres repeticiones. Se aplicó un diseño de parcelas divididas, la evaluación de medias se realizó con la prueba de significancia de Tukey al 5 %. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, altura de inserción, días a floración, diámetro de mazorcas, longitud de mazorcas, relación grano-tuza, peso de grano, rendimiento por hectárea, eficiencia agronómica, análisis foliar y análisis económico. Los resultados demuestran que el mayor rendimiento de grano se obtuvo en el híbrido DK-7508 sembrado a 95 238 plantas/ha y fertilizado con el Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) con 10166,67 kg/ha. Además, el mismo material mostró la mayor utilidad y beneficio neto. La eficiencia agronómica demuestra que el DK-76508 sembrado a 95 238 plantas/ha y fertilizado con el Programa 1 (120 kg/ha N, 32 kg/ha P, 60 kg/ha K, 20 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B), tuvo la mejor tasa de asimilación. Los híbridos en los distanciamientos que fueron fertilizados con baja dosis (Programa 4) presentaron deficiencias de nitrógeno, fósforo y magnesio; potasio y cobre fueron deficitarios para todos

los tratamientos, mientras los niveles de calcio, hierro, zinc, manganeso y boro son adecuados.

Palabras Claves: Nutrición, maíz, rendimiento, población.

Introducción

Actualmente en todo el mundo se producen 645 414 836,10 Tm de maíz en promedio, de los cuales se exportan 97 329 233,60 Tm anuales al resto del mundo, siendo los principales exportadores de dicho producto Estados Unidos, Argentina y Francia. Los principales consumidores mundiales de la gramínea son México, China, Indonesia e India. En el caso Ecuador, se produce un promedio de 717 940 Tm anualmente de maíz duro seco y 43 284 de maíz suave. En el caso del primero, la producción se encuentra altamente polarizada en la costa y en el caso del segundo se cultiva mayormente en la sierra (Moyano, 2020).

En nuestro país se siembran actualmente 400 868 ha aproximadamente, las zonas de mayor producción son: Los Ríos (177 194 ha), Manabí (112 716 ha), Guayas (50 164 ha) y el resto del país (48 794 ha). Este cereal se adapta ampliamente a diversas condiciones ecológicas y edáficas, por eso se cultiva en casi todo el mundo (Villavicencio *et al.*, 2017).

Steward (2016) sostiene que una fertilización adecuada y balanceada tiene un efecto muy importante en la protección ambiental, también no se debe olvidar que el mal manejo de los nutrientes puede causar problemas. Es necesario manejar el cultivo y los nutrientes utilizando practicas agronómicas que permitan un manejo seguro. Prácticas como análisis de suelo, la adecuada localización y la aplicación oportuna de los fertilizantes son necesarios para maximizar el efecto de las aplicaciones de nutrientes en el rendimiento, ya para minimizar el potencial del daño al ambiente.

El rendimiento de un cultivo de grano, que determinará la demanda de un nutriente, se va construyendo a lo largo del ciclo, producto de la captura de los recursos (luz, agua, nutrientes), como estos recursos son transformados en biomasa, y como esta biomasa es convertida en rendimiento. La disponibilidad de estos recursos en el momento en que se definen los principales componentes de rendimiento (i.e. período crítico) es central en la producción de los cultivos. Numerosos trabajos dan cuenta de retrasos en la ocurrencia de los eventos fenológicos cuando el cultivo presenta deficiencias de N o P, afectando de esta manera la forma en que los recursos son utilizados (Linares *et al.*, 2012).

SAG (2022, señala que los híbridos producen mayores rendimientos, pero son más exigentes en cuanto al manejo, principalmente en fertilización para que puedan expresar todo su potencial productivo.

El maíz se adapta a una amplia variedad de suelos donde puede producir buenas cosechas, si se emplean los cultivares adecuados y técnicas de cultivo apropiadas (Garbanzo León *et al.*, 2021).

En general, los suelos más idóneos para el cultivo del maíz son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención para el agua (Garbanzo León *et al.*, 2021).

Gordon Mendoza *et al.*, (2016) expresan que el maíz crece bien en suelos con pH entre 5.5 y 7.8. Fuera de estos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos y se produce toxicidad o carencia. Cuando el pH es inferior a 5.5 a menudo hay problemas de toxicidad por aluminio y manganeso, además de carencia de fósforo y magnesio; con un pH superior a 8 (o superior a 7 en suelos calcáreos), tiende a presentarse carencia de hierro, manganeso y zinc.

Bertorelli (2017), expresa que maíz "híbrido" son los que se producen al cruzar dos razas (o variedades) progenitoras, para aprovechar las características de estas y para lograr que el comportamiento del cultivo sea muy homogéneo. Las variedades cruzadas, o "híbridas" se comportan mejor debido a que ocurre algo que en genética se llama "vigor híbrido", sucede que los pares de genes son lo más distinto posible, y la variedad híbrida resultante es más resistente y productiva.

Salvagiotti (2017), considera que los híbridos de maíz requieren un manejo adecuado en cuanto a la fertilidad del suelo, pues necesitan de una buena cantidad de nitrógeno para alcanzar su máximo rendimiento.

Para poder satisfacer la demanda de maíz, es necesario considerar la sostenibilidad en la producción, aun así, investigaciones indican que la pérdida de la fertilidad del suelo ha aumentado (Bonilla, 2016).

Una de las alternativas para incrementar el rendimiento de grano, es realizar un equilibrado programa nutricional; la nutrición vegetal es el proceso mediante el cual la planta absorbe del medio que le rodea las sustancias que le son necesarias para desarrollarse y crecer, estas sustancias son generalmente de tipo mineral o inorgánico (Aguilar *et al.*, 2015).

La fertilización del cultivo de maíz ocupa cerca de 27% del costo de producción, presentando cada vez menos margen de ganancia para los productores dado el elevado costo de los insumos para la producción, además la dependencia del temporal redonda en un alto riesgo, lo cual limita la inversión de recursos y ante este panorama, el maíz se torna en un agrosistema altamente extractivo del suelo, puesto que algunos productores con la finalidad de ahorrar al máximo utilizan fórmulas inadecuadas de fertilización e incluso algunos llegan al grado de no fertilizar (Vera Rodríguez *et al.*, 2020).

Medina Méndez *et al.*, (2018), mencionan que el rendimiento de maíz ésta determinado principalmente por el número final de granos logrados por unidad de superficie, el cual está en función de la tasa de crecimiento del cultivo alrededor del período de floración. Por lo tanto, para alcanzar altos rendimientos, el maíz debe lograr un óptimo estado fenológico en floración: cobertura total del suelo y alta eficiencia de conversión de radiación interceptada en biomasa.

Los productores de maíz reconocen que son necesarias, concentraciones adecuadas de fertilizante en la planta para obtener altos rendimientos, sin embargo, el dilema está en reconocer qué cantidades aplicar para lograr estas concentraciones ya que el fertilizante que no es aprovechado produce perjuicios económicos y daño ambiental (Castellanos Reyes *et al.*, 2017).

Dera Flores (2020), asegura que la fertilización es importante especialmente cuando se emplea híbrido o cultivares mejorados para aprovechar al máximo su alta capacidad de rendimiento.

Guzmán Mendoza *et al.*, (2016), indican que el maíz requiere de un elevado consumo de Nitrógeno y Fósforo en especial, pues de una apropiada cantidad de ellos depende la formación y llenado de los granos y la pronta maduración de la mazorca.

León Alcántara (2016), menciona que el maíz es una planta que necesita abundante materia orgánica y a la cual lo excesos de Nitrógeno no le ocasionen el abundante desarrollo foliar que, a otros cereales, es decir no se envicia y que para su perfecto desarrollo necesita de suelos ricos. Además, considera que una cosecha de 3500kg de grano por ha extrae del suelo 95 kg de N, 44 kg de P y 112 kg de K.

Zamudio González *et al.*, (2018), indican que un cultivo de maíz que produzca cuatro toneladas de grano por ha, requiere de 110 kg de N, 40 kg de P, 80 kg de K, 7 kg de Ca, 6

kg de Mg y 6 kg de Azufre. Además, el fósforo que es necesario para el crecimiento de las plantas muestra su deficiencia desde la germinación hasta que la planta alcanza aproximadamente 75 cm de altura. También requiere de una cantidad de Potasio relativamente alta sobre todo tres semanas antes de la floración.

Virgen *et al.*, (2017), mencionan que la extracción media que se calcula de elementos nutritivo de N, P, K en maíz por tonelada es de 25 kg de N, 11 kg de P₂O₅ y 23 kg de K₂O. Es decir, por cada 1000 kg de cosecha de grano se puede dar un abonamiento de 30kg de N, 15 kg de P₂O₅ y 25 kg de K₂O.

Bernal *et al.*, (2014), manifiestan que aplicando una dosis de fertilizante de 300kg de N/ha. y 180 de P₂O₅/ha. a los maíces híbrido PM-203, PM-204, PM-205 y PM-210 en la localidad de supe, se obtuvo el mayor rendimiento de 8, 551 kg/ha con el híbrido PM-204.

García (2016), indica que se ha demostrado que la alta productividad de maíz, en la región de Las Pampas Argentinas, con suelos fértiles y ricos en materia orgánica, está correlacionada con altas cantidades de nitrógeno disponible en el suelo (N-NO₃ medido a 60 cm. de profundidad) al momento de la siembra. Para rendimiento superior a 12 t/ha, es necesario tener, al momento de la siembra, por lo menos el equivalente a 170 kg/ha de N disponible. Se considera N disponible al momento de la siembra la suma el N-NO₃ en la capa de 0 - 60 cm. más el N aplicado como fertilizante.

Murillo (2017), manifiesta que con las aplicaciones de los fertilizantes se logró mejorar las manifestaciones fisiológicas y morfológicas del cultivo del maíz, de esta manera el cultivo no pasó por dos ordenes nutricionales que afectasen su normal desarrollo, estimulando de esta manera el desarrollo y calidad nutricional del maíz, sobre todo bajo las condiciones ambientales presentes. Los mejores niveles de contenido de nutrientes en el análisis foliar los presentaron los cultivos que fueron tratados con diversas dosis de fertilizantes edáficos.

India (2018), menciona que para lograr una producción exitosa de maíz híbrido, se requiere de buenas prácticas de manejo, desde la selección del sistema de siembra, distancias apropiadas, uso de semillas de alto potencial genético, hasta el desarrollo de un programa racional de control de malezas y plagas que, acompañado de una buena fertilización nos aseguran los máximos rendimientos. Además, los híbridos de maíz requieren de altos niveles de fertilización para producir bien, así el maíz extrae del suelo 90 kg de N; 27 kg de P₂O₅; 26 kg de K₂O; 11 kg de Ca; 13 kg de Mg; 10 kg de S por cada 100 quintales de grano de maíz.

Mediante un ensayo en campo realizado por Lagunes Domínguez *et al.*, (2018), se evidenció que la variedad de maíz DAS 3383 respondió favorablemente al tratamiento 30 g/planta por aplicación en dosis día 8 (8-20-20% NPK), día 23 (15-3-20% NPK) y día 38 (21-0-24% NPK) fertilizante convencional, registrando una mayor altura de la planta al día 30 con 96.40 cm, posiblemente influenciado también a las propiedades nutricionales del suelo; en lo que respecta a la altura de inserción de la mazorca a los 70 días con 89.05 cm, un diámetro de la mazorca de 4.76 cm, en el peso de los 1000 granos alcanzó una media de 340.25 gramos y un rendimiento de 9.67 Ton/ha⁻¹

Vera Rodríguez *et al.*, (2020), refieren que la acumulación de nitrógeno por la planta de maíz alcanza tasas elevadas sostenidas de alrededor de 3,7 Kg/ha/día a partir de los 25 días desde la emergencia. Por lo tanto, debe garantizarse la provisión de este nutriente desde estos momentos. Una buena disponibilidad nutricional, especialmente desde momentos en que los nutrientes son requeridos en elevadas cantidades, asegura alcanzar rápidamente y mantener la cobertura total del suelo y una alta tasa de fotosíntesis. Esto garantiza un óptimo estado fisiológico del cultivo en la floración, momento decisivo para la determinación del rendimiento.

De acuerdo con las exigencias del cultivo es importante tomar en cuenta el estado nutricional de los suelos, uso adecuado de fertilizantes, densidad de población y seleccionar la semilla (híbrido) que ayuden a obtener rendimientos deseables. Por esto es muy importante el presente trabajo de investigación, el cual dará nuevos conceptos para el uso de densidades poblacionales y programas de nutrición balanceados.

Mediante el presente trabajo de investigación se estudiaron los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar el comportamiento agronómico de híbridos de maíz bajo varios a distanciamientos de siembra.
- Determinar el programa óptimo de fertilización en función de las poblaciones utilizadas.
- Analizar económicamente los tratamientos.

Metodología

La investigación se realizó en los predios de en la granja experimental “San Pablo” perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de

Babahoyo, ubicada en el Kilómetro 7 ½ de la Vía Babahoyo-Montalvo, entre las coordenadas geográficas de longitud Oeste 79° 32', latitud sur 01°49', altitud 8 msnm¹, la zona presenta un clima tropical húmedo, según la clasificación de Holdribge, con temperatura anual de 25,7° C, una precipitación de 1845 mm/año, humedad relativa de 76% y 804,7 horas de heliofanía de promedio anual. El suelo es de origen aluvial, con topografía plana, textura franco-arcillosa, drenaje natural. Se utilizó como material vegetativo dos híbridos de maíz: Batalla y DK-7508. Se estudiaron dos variables: a) densidad poblacional y niveles de fertilización química, b) híbridos de maíz. Los tratamientos evaluados se expresan en la siguiente Tabla 1:

Tabla 1. Tratamientos aplicados

Tratamiento		Densidad Poblacional (Plantas/ha)	Programa de fertilización (kg/h)							Época de aplicación
			N	P	K	S	Mg	Zn	B	
T1	Batalla	62 500 0,80 m x 0,20 m	160	30	90	30	20	3	2	0-20-35
T2			120	20	60	20	20	3	2	0-20-35
T3			80	10	30	10	20	3	2	0-20-35
T4			92	0	60	0	0	0	0	0-20-35
T5		95 238 0,70 x 0,15	160	30	90	30	20	3	2	0-20-35
T6			120	20	60	20	20	3	2	0-20-35
T7			80	10	30	10	20	3	2	0-20-35
T8			92	0	60	0	0	0	0	0-20-35
T9	DK-7508	62 500 0,80 m x 0,20 m	160	30	90	30	20	3	2	0-20-35
T10			120	20	60	20	20	3	2	0-20-35
T11			80	10	30	10	20	3	2	0-20-35
T12			92	0	60	0	0	0	0	0-20-35
T13		95 238 0,70 x 0,15	160	30	90	30	20	3	2	0-20-35
T14			120	20	60	20	20	3	2	0-20-35
T15			80	10	30	10	20	3	2	0-20-35
T16			92	0	60	0	0	0	0	0-20-35

Para el desarrollo y evaluación estadística del ensayo se utilizó el diseño “Bloques Completo al Azar” (BCA) en arreglo factorial 4 x 3 con 12 tratamientos más un testigo y 3 repeticiones. La comparación y evaluación de las medias se realizó con la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad. Se evaluó: altura de planta, altura de inserción de mazorca, días a floración, diámetro de mazorca, longitud de mazorcas, relación grano/tuza, peso de grano, rendimiento, evaluación económica, eficiencia agronómica, análisis foliar.

Previo al establecimiento del ensayo se tomaron muestras de suelos, para proceder al análisis físico y químico; determinando así la cantidad de nutrientes existentes. El terreno fue preparado con un pase de rastra pesada y dos de rastra en sentido cruzado, para dejar al suelo en óptimas condiciones de siembra. La profundidad de laboreo fue de aproximadamente 25 cm.

El cultivo se sembró con el sistema de siembra manual utilizando un espeque; depositando una semilla por sitio, a las distancias indicadas en el cuadro de tratamientos, entre hileras y entre plantas, respectivamente. Las poblaciones estudiadas fueron 62 500 y 95 238 plantas por hectárea. Las semillas se mezclaron con el insecticida *Thiodicarb* en dosis 20 cc por cada kilogramo de semilla, esto para evitar el ataque de insectos trozadores, que viven en el suelo y la superficie. Las malezas se controlaron cinco días después de la siembra con la aplicación de *Pendimetalin* 2,0 L/ha, Amina 0,5 L/ha y atrazina 1,0 kg/ha. A los 30 se aplicó *Nicosulfuron* 25 g/ha. Posteriormente a los 55 y 75 días se realizaron dos desyerbas manuales. Para tal efecto se utilizó un aspersor de mochila CP-3 a presión de 40 a 60 lb con boquilla para cobertura de cono hueco.

Dentro del control fitosanitario se presentó el ataque de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), el mismo fue controlado aplicando *Clorpirifos* + *Cipermetrina* en dosis de 500 cc/ha, a los 20 días después de la siembra. A los 35 y 55 días después de la siembra, se aplicó *Fipronil* para el control de insectos masticadores en dosis de 250 cc/ha. No se presentó la presencia de enfermedades en el cultivo, por este motivo no se aplicó fungicidas.

El cultivo se realizó en condiciones de riego, por lo que se aplicó riegos suplementarios para el desarrollo del cultivo, en total se aplicaron 4 riegos bajo inundación en las diferentes etapas del cultivo. Se utilizó una bomba de caudal con una duración de dos horas cada riego.

La aplicación de fertilizantes se realizó según el cuadro de tratamientos planteado por el presente experimental. Como fuente se utilizó: Urea (46 % N), Cloruro de potasio (60

%K₂O), DAP (18 %N - 46 %P₂O₅), Sulfato de magnesio (21%S – 24 %MgO), Sulfato de Amonio (21%N – 24%S), Solubor (4 %B₂O₅) y Quelato de Zinc (14 %Zn). La distribución de la dosis fue hecha con el detalle del cuadro de tratamientos, aplicando el fósforo a la siembra junto con el magnesio 100 % y el 50 % del potasio. La aplicación de nitrógeno se hizo a los 25-35 días después de la siembra (50 % - 50 %). El potasio restante se aplicó a los 25 días después de la siembra (50 %). El azufre restante se colocó a los 25 días después de la siembra. Los micronutrientes se aplicaron a los 25 y 35 días después de la siembra vía foliar. La aplicación de Boro y Zinc se hicieron a los 30-40 días después de la siembra, foliarmente con una bomba de aspersión calibrada.

La altura de planta estuvo determinada por la distancia comprendida desde la superficie del suelo hasta el punto de inserción de la panoja, se tomó a la cosecha, expresando el valor en cm.

La altura de inserción de mazorca se determinó mediante la distancia comprendida entre el nivel del suelo, hasta el punto de inserción de la mazorca principal. Se realizó 10 lecturas por subparcela experimental a la cosecha, siendo expresada en cm.

La variable días a floración se determinó por el tiempo transcurrido, desde la fecha de siembra hasta cuando se tuvo más del 50 % de las plantas de cada subparcela experimental presentando flores femeninas y panojas emitiendo polen, respectivamente.

El diámetro de mazorca se determinó tomando 10 mazorcas al azar en cada subparcela experimental, se midió el diámetro en el tercio medio de la mazorca, su promedio se expresó en centímetros.

La longitud de mazorca fue evaluada en 10 mazorcas al azar en cada subparcela experimental, se midió la longitud desde la base hasta el ápice de la mazorca, su promedio se expresó en centímetros.

La relación grano/tuza se determinó al azar 10 mazorcas por subparcela experimental, posteriormente se desgranaron, y se procedió a pesar separadamente grano y tuza, estableciéndose la relación. Es una unidad adimensional, fue comparada con tablas de referencia del CYMMIT.

El peso de 1000 granos se evaluó tomando 1000 semillas por subparcela experimental, teniendo cuidado de que los granos estuvieran libre de daños de insectos y enfermedades; luego se procedió a pesar en una balanza de precisión, su peso se expresó en gramos.

El rendimiento estuvo determinado por el peso de los granos provenientes del área útil de cada subparcela experimental, los pesos fueron uniformizados al 14% de humedad, su peso se transformó a toneladas por hectárea. Se empleó la siguiente fórmula para uniformizar los pesos:

$$Pu = \frac{Pa(100 - ha)}{(100 - hd)}$$

Dónde:

Pu = Peso uniformizado

Pa= Peso actual

ha= Humedad actual

hd= Humedad deseada

El análisis económico del rendimiento de grano se realizó en función al costo de cada tratamiento y subtratamiento en comparación a los ingresos económicos que se obtuvieron de la venta de la cosecha.

La eficiencia agronómica por nutriente estuvo basada en la cantidad de nutrientes necesarios para producir una tonelada de producto final con relación al testigo no tratado. Se estimó con la ecuación:

$$PPF = \frac{(R - R0)}{(100)}$$

Dónde:

PPF = Productividad parcial del factor

R= Rendimiento de la porción cosechada del cultivo con el nutriente

R0= Rendimiento de la porción cosechada del cultivo sin el nutriente

D= Cantidad de la nutriente aplicada.

El análisis foliar se evaluó cuando el cultivo estuvo establecido en campo se tomaron 200 g de hojas debajo de la hoja bandera, dentro del área de tratamiento, a los 60 días después de la siembra. Estas fueron enviadas al Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias (INIAP) para determinar la cantidad de macronutrientes en el tejido de la planta.

Resultados

Los promedios en la variable altura de planta muestran alta significancia estadística en los factores híbrido, programas de fertilización e interacciones, no existiendo en la densidad poblacional, con un coeficiente de variación fue 1,3 %. El híbrido DK-7508 con 200,59 cm fue estadísticamente superior al material Batalla que obtuvo 182,36 cm. Las plantas sembradas con una densidad poblacional de 95 238 plantas/ha presentó mayor altura (192,37 cm). El Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) con 196,77 cm fue estadísticamente superior al resto de tratamientos, presentando menor altura el Programa 4 (92 kg/ha N, 60 kg/ha K) con 184,28 cm.

La siembra del híbrido DK-7508 sembrado con una densidad poblacional de 95 238 plantas/ha y fertilizado con Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B), Programa 2 (120 kg/ha N, 32 kg/ha P, 60 kg/ha K, 20 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) y Programa 3 (80 kg/ha N, 10 kg/ha P, 30 kg/ha K, 10 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B); presentó los ,mayores promedios, siendo estadísticamente iguales entre sí, pero superiores al Programa 4 (92 kg/ha N, 60 kg/ha K).

Tabla 2. Altura de planta con la aplicación de programas de fertilización en la producción de maíz.

Factor A Variedad	Factor B Población Planta/ha	FactorC Programa Fertilización	Altura de planta Cm
Batalla			182,36 b
DK-7508			200,59 a
	62500		191,82 a
	95238		192,37 a
		Programa 1	196,77 a
		Programa 2	192,92 b
		Programa 3	191,94 b
		Programa 4	184,28 c
Batalla	62500	Programa 1	187,22 bc
Batalla	62500	Programa 2	183,69 bc
Batalla	62500	Programa 3	184,73 bc

Batalla	62500	Programa 4	175,10 c
Batalla	95238	Programa 1	187,82 bc
Batalla	95238	Programa 2	185,73 bc
Batalla	95238	Programa 3	184,18 bc
Batalla	95238	Programa 4	175,10 c
DK-7508	62500	Programa 1	205,95 a
DK-7508	62500	Programa 2	202,06 a
DK-7508	62500	Programa 3	203,21 a
DK-7508	62500	Programa 4	192,61 b
DK-7508	95238	Programa 1	206,61 a
DK-7508	95238	Programa 2	204,30 a
DK-7508	95238	Programa 3	202,59 a
DK-7508	95238	Programa 4	192,61 b
Promedio general			192,09
Significancia estadística	Factor A		**
	Factor B		Ns
	Factor C		**
	Interacción A x B x C		**
Coeficiente de variación (%)			1,3

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según Tukey 95 %.

**= altamente significativo Ns: No significativo

En la Tabla 3 se muestra los promedios de la altura a inserción de mazorca encontradas. Los valores indican la existencia de alta significancia estadística en los factores híbridos y densidad poblacional, no reportándose en los programas de fertilización e interacciones. El coeficiente de variación calculado fue 4,77 %. El híbrido DK-7508 con 131,81 cm fue estadísticamente superior a Batalla (125,54 cm). Las plantas sembradas con una densidad poblacional de 62 500 plantas/ha presentó más altura (131,23 cm), con relación a la población de 95 238 plantas/ha. Los Programas 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) y Programa 2 (120 kg/ha N, 32 kg/ha P, 60 kg/ha K, 20 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) con 128,95 cm, tuvieron el mismo promedio.

La siembra del híbrido DK-7508 a una densidad poblacional e 62 500 plantas/ha y fertilizado con Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B), con 135,14 cm tuvo el mayor promedio.

Tabla 3. Altura de inserción con la aplicación de programas de fertilización en la producción de maíz.

Factor A Variedad	Factor B Población Planta/ha	Factor Programa Fertilización	Altura Cm
Batalla			125,54 b
DK-7508			131,81 a
	62500		131,23 a
	95238		126,09 b
		Programa 1	128,95 a
		Programa 2	128,43 a
		Programa 3	128,95 a
		Programa 4	128,38 a
Batalla	62500	Programa 1	126,37 a
Batalla	62500	Programa 2	128,60 a
Batalla	62500	Programa 3	128,70 a
Batalla	62500	Programa 4	128,43 a
Batalla	95238	Programa 1	124,70 a
Batalla	95238	Programa 2	122,40 a
Batalla	95238	Programa 3	122,67 a
Batalla	95238	Programa 4	122,30 a
DK-7508	62500	Programa 1	135,14 a
DK-7508	62500	Programa 2	135,03 a
DK-7508	62500	Programa 3	132,69 a
DK-7508	62500	Programa 4	134,86 a

DK-7508	95238	Programa 1	130,94 a
DK-7508	95238	Programa 2	128,52 a
DK-7508	95238	Programa 3	128,80 a
DK-7508	95238	Programa 4	128,42 a
Promedio general			128,66
Significancia estadística	Factor A		**
	Factor B		**
	Factor C		Ns
	Interacción A x B x C		Ns
Coeficiente de variación (%)			4,77

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según Tukey 95 %.

**= altamente significativo

Ns: No significativo

Los resultados encontrados muestran alta significancia estadística en los factores híbrido, programas de fertilización e interacciones, no teniendo el factor densidad poblacional, siendo el coeficiente de variación 1,65 % (Tabla 4).

El híbrido DK-7508 con 52,33 días floreció más temprano, siendo estadísticamente superior al híbrido Batalla que tuvo 52,75 días. Las plantas sembradas con una densidad poblacional de 95 238 plantas/ha presentaron más tiempo a floración (52,33 días), con relación a la población de 62 500 plantas/ha (51,58 días). El Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) floreció más temprano con 52,5 días, mientras el Programa 2 (120 kg/ha N, 32 kg/ha P, 60 kg/ha K, 20 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) tardó más días (54,0 días).

La siembra del híbrido DK-7508 a una densidad poblacional de 95 238 plantas/ha y fertilizado con Programa 4 (92 kg/ha N, 60 kg/ha K), presentó el mayor tiempo a floración con 53,67 días, siendo estadísticamente igual al resto de tratamientos con excepción de Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B), Programa 3 (80 kg/ha N, 10 kg/ha P, 30 kg/ha K, 10 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) y Programa 4 (92 kg/ha N, 30 kg/ha K), que tardaron menos tiempo.

Tabla 4. Días a floración con la aplicación de programas de fertilización en la producción de maíz.

Factor A Variedad	Factor B Población Planta/ha	Factor Programa Fertilización	Días
Batalla			52,75 b
DK-7508			53,75 a
	62500		51,58 b
	95238		52,33 a
		Programa 1	52,50 a
		Programa 2	54,00 a
		Programa 3	53,00 a
		Programa 4	53,50 a
Batalla	62500	Programa 1	51,00 a
Batalla	62500	Programa 2	51,33 ab
Batalla	62500	Programa 3	51,00 a
Batalla	62500	Programa 4	51,00 a
Batalla	95238	Programa 1	51,33 ab
Batalla	95238	Programa 2	52,00 ab
Batalla	95238	Programa 3	51,33 ab
Batalla	95238	Programa 4	52,67 ab
DK-7508	62500	Programa 1	52,00 ab
DK-7508	62500	Programa 2	52,33 ab
DK-7508	62500	Programa 3	52,00 ab
DK-7508	62500	Programa 4	52,00 ab
DK-7508	95238	Programa 1	52,33 ab
DK-7508	95238	Programa 2	53,00 ab
DK-7508	95238	Programa 3	52,33 ab
DK-7508	95238	Programa 4	53,67 b

Promedio general		51,96
Significancia estadística	Factor A	**
	Factor B	**
	Factor C	Ns
	Interacción A x B x C	**
Coeficiente de variación (%)		1,65

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según Tukey 95 %.

**= altamente significativo

Ns: No significativo

En la variable diámetro de mazorca se reflejan promedios que indican que existió alta significancia estadística en los factores híbridos, programas de fertilización e interacciones, no encontrándose en densidades poblacionales, con un coeficiente de variación fue 0,88 %. El híbrido DK-7508 con 5,24 cm fue estadísticamente superior al material Batalla que tuvo 4,77 cm.

Las plantas sembradas con una densidad poblacional de 62 500 plantas/ha presentaron mayor diámetro (5,00 cm), estadísticamente superior a la densidad poblacional de 95 238 plantas/ha. Los Programas 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B), Programa 2 (120 kg/ha N, 32 kg/ha P, 60 kg/ha K, 20 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) y Programa 3 (80 kg/ha N, 10 kg/ha P, 30 kg/ha K, 10 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn), fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores al Programa 4 (92 kg/ha N, 60 kg/ha K).

El híbrido DK-7508 sembrado en las densidades poblacionales de 62 500 plantas/ha y 95 238 plantas/ha, fertilizado con los Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B), Programa 2 (120 kg/ha N, 32 kg/ha P, 60 kg/ha K, 20 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B), Programa 3 (80 kg/ha N, 10 kg/ha P, 30 kg/ha K, 10 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) y Programa 4 (92 kg/ha N, 60 kg/ha K), fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores al híbrido Batalla sembrado en ambos sistemas poblacionales y en todos los programas.

Tabla 5. Diámetro de mazorca con la aplicación de programas de fertilización en la producción de maíz.

Factor A Variedad	Factor B Población Planta/ha	Factor Programa Fertilización	Diámetro cm
Batalla			4,77 b
			5,24 a
	62500		5,00 a
	95238		4,97 b
		Programa 1	5,03 a
		Programa 2	5,02 a
		Programa 3	5,00 a
		Programa 4	4,97 b
Batalla	62500	Programa 1	4,77 b
Batalla	62500	Programa 2	4,78 b
Batalla	62500	Programa 3	4,71 b
Batalla	62500	Programa 4	4,78 b
Batalla	95238	Programa 1	4,75 b
Batalla	95238	Programa 2	4,77 b
Batalla	95238	Programa 3	4,75 b
Batalla	95238	Programa 4	4,73 b
DK-7508	62500	Programa 1	5,24 a
DK-7508	62500	Programa 2	5,25 a
DK-7508	62500	Programa 3	5,18 a
DK-7508	62500	Programa 4	5,25 a
DK-7508	95238	Programa 1	5,22 a
DK-7508	95238	Programa 2	5,24 a
DK-7508	95238	Programa 3	5,22 a
DK-7508	95238	Programa 4	5,21 a
Promedio general			4,99
Significancia estadística	Factor A		**
	Factor B		**
	Factor C		**
	Interacción A x B x C		**
Coeficiente de variación (%)			0,88

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según Tukey 95 %.

**= altamente significativo

Los promedios de longitud de mazorca indican que existió alta significancia estadística en los factores híbridos, programas de fertilización e interacciones, no encontrándose en densidades poblacionales, con un coeficiente de variación fue 1,79 %. El híbrido DK-7508 presentó mazorcas más largas con 24,63 cm, siendo estadísticamente superior a las mazorcas de Batalla que tuvieron 22,19 cm. Las plantas sembradas con una densidad poblacional de 95 238 plantas/ha dieron mazorcas más largas (22,86 cm). Los Programas 1 (160 kg/ha N,

30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) y Programa 2 (120 kg/ha N, 32 kg/ha P, 60 kg/ha K, 20 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B), fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores a los Programas 3 (80 kg/ha N, 10 kg/ha P, 30 kg/ha K, 10 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn) y Programa 4 (92 kg/ha N, 60 kg/ha K).

El híbrido DK-7508 sembrado en las densidades poblacional 95 238 plantas/ha y fertilizado con el Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) fue estadísticamente igual a los Programas 2 (120 kg/ha N, 32 kg/ha P, 60 kg/ha K, 20 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B), Programa 3 (80 kg/ha N, 10 kg/ha P, 30 kg/ha K, 10 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) y Programa 4 (92 kg/ha N, 60 kg/ha K), sembrados en la misma densidad y en la densidad de 62 500 plantas/ha, pero estadísticamente superior al híbrido Batalla sembrado en ambas densidades poblacionales y en todos los programas.

Tabla 6. Longitud de mazorca con la aplicación de programas de fertilización en la producción de maíz.

Factor A Variedad	Factor B Población Planta/ha	Factor Programa Fertilización	Longitud cm
Batalla DK-7508			22,19 b
			24,63 a
	62500		22,81 a
	95238		22,86 a
		Programa 1	24,00 a
		Programa 2	23,74 a
		Programa 3	23,21 b
		Programa 4	22,68 b
Batalla	62500	Programa 1	22,00 c
Batalla	62500	Programa 2	21,83 c
Batalla	62500	Programa 3	21,67 c
Batalla	62500	Programa 4	21,00 c
Batalla	95238	Programa 1	22,17 bc
Batalla	95238	Programa 2	22,00 c
Batalla	95238	Programa 3	21,17 c
Batalla	95238	Programa 4	21,33 c
DK-7508	62500	Programa 1	24,42 ab
DK-7508	62500	Programa 2	24,24 ab
DK-7508	62500	Programa 3	24,05 ab
DK-7508	62500	Programa 4	23,31 bc
DK-7508	95238	Programa 1	24,61 a
DK-7508	95238	Programa 2	24,42 ab

DK-7508	95238	Programa 3	23,50 ab
DK-7508	95238	Programa 4	23,68 ab
Promedio general			22,84
Significancia estadística	Factor A		**
	Factor B		Ns
	Factor C		**
	Interacción A x B x C		**
Coeficiente de variación (%)			1,79

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según Tukey 95 %.

**= altamente significativo

Ns: No significativo

Los promedios de relación grano – tusa poseen alta significancia estadística en los factores híbridos, programas de fertilización e interacciones, no teniendo en la densidad poblacional, con un coeficiente de variación fue 4,12 %. El híbrido DK-7508 con 8,0 fue estadísticamente superior al material Batalla que tuvo 7,74. Las plantas sembradas con una densidad poblacional de 62 500 plantas/ha mostraron una media de 7,97. El Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) y Programa 2 (120 kg/ha N, 32 kg/ha P, 60 kg/ha K, 20 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) fueron estadísticamente superiores al resto de tratamientos, presentando menor registro el Programa 4 (92 kg/ha N, 60 kg/ha K) con 6,81.

La siembra del híbrido DK-7508 con una densidad poblacional de 95 238 plantas/ha y fertilizado con Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B), Programa 2 (120 kg/ha N, 32 kg/ha P, 60 kg/ha K, 20 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B), fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores al resto de distanciamiento, y programas de fertilización.

Tabla 7. Relación grano/tusa con la aplicación de programas de fertilización en la producción de maíz.

Factor A Variedad	Factor B Población Planta/ha	Factor Programa Fertilización	Relación
Batalla			7,74 b
DK-7508			8,00 a
	62500		7,97 a

	95238		7,97 a
		Programa 1	8,51 a
		Programa 2	8,29 a
		Programa 3	7,87 b
		Programa 4	6,81 c
Batalla	62500	Programa 1	8,38 abc
Batalla	62500	Programa 2	8,38 abc
Batalla	62500	Programa 3	7,99 abcd
Batalla	62500	Programa 4	6,37 e
Batalla	95238	Programa 1	8,54 ab
Batalla	95238	Programa 2	8,54 ab
Batalla	95238	Programa 3	7,42 bcd
Batalla	95238	Programa 4	7,15 cde
DK-7508	62500	Programa 1	8,79 ab
DK-7508	62500	Programa 2	8,79 ab
DK-7508	62500	Programa 3	8,39 abc
DK-7508	62500	Programa 4	6,68 de
DK-7508	95238	Programa 1	8,96 a
DK-7508	95238	Programa 2	8,96 a
DK-7508	95238	Programa 3	7,79 bcd
DK-7508	95238	Programa 4	6,43 de
Promedio general			7,97
	Factor A		**
Significancia estadística	Factor B		Ns
	Factor C		**
	Interacción A x B x C		**
Coeficiente de variación (%)			4,12
Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según Tukey 95 %.			

**= altamente significativo

Ns: No significativo

Los promedios de peso de granos presentan alta significancia estadística en los factores híbridos, programas de fertilización e interacciones, no obteniendo en la densidad poblacional, con un coeficiente de variación fue 2,28 %.

El híbrido DK-7508 con 35,66 g fue estadísticamente superior al material Batalla que tuvo menor promedio (34,63 g). Las plantas sembradas con una densidad poblacional de 95238 plantas/ha mostraron una media de 34,76 g. El Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) con 38,06 g fue estadísticamente superiores al resto de tratamientos, presentando menor registro el Programa 4 (92 kg/ha N, 60 kg/ha K) con 31,97 g.

La siembra del híbrido DK-7508 con una densidad poblacional de 95 238 plantas/ha y fertilizado con Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B), Programa 2 (120 kg/ha N, 32 kg/ha P, 60 kg/ha K, 20 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B); el híbrido DK-7508 con una densidad poblacional de 62 500 plantas/ha fertilizado con Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) y Programa 2 (120 kg/ha N, 32 kg/ha P, 60 kg/ha K, 20 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B); la siembra del híbrido Batalla con densidades poblacionales de 62 500 y 95 238 plantas/ha más el Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B), fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores al resto tratamientos.

Tabla 8. Peso de grano con la aplicación de programas de fertilización en la producción de maíz.

Factor A Variedad	Factor B Población Planta/ha	Factor Programa Fertilización	Peso g
Batalla			34,63 b
DK-7508			35,66 a
	62500		34,51 a

	95238		34,76 a
		Programa 1	38,06 a
		Programa 2	36,54 b
		Programa 3	34,00 c
		Programa 4	31,97 d
Batalla	62500	Programa 1	37,00 a
Batalla	62500	Programa 2	35,67 ab
Batalla	62500	Programa 3	33,00 cde
Batalla	62500	Programa 4	31,33 de
Batalla	95238	Programa 1	36,67 a
Batalla	95238	Programa 2	36,00 ab
Batalla	95238	Programa 3	32,67 cde
Batalla	95238	Programa 4	30,67 e
DK-7508	62500	Programa 1	38,11 a
DK-7508	62500	Programa 2	36,74 a
DK-7508	62500	Programa 3	33,99 bc
DK-7508	62500	Programa 4	32,27 cde
DK-7508	95238	Programa 1	37,77 a
DK-7508	95238	Programa 2	37,08 a
DK-7508	95238	Programa 3	33,65 bcd
DK-7508	95238	Programa 4	31,59 cde
Promedio general			34,64
	Factor A		**
Significancia estadística	Factor B		**
	Factor C		**
	Interacción A x B x C		**
Coeficiente de variación (%)			2,28

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según Tukey 95 %.

**= altamente significativo

Ns: No significativo

En la variable rendimiento los promedios muestran alta significancia estadística en los factores densidad poblacional, programas de fertilización e interacciones, no reportándose en híbridos, con un coeficiente de variación fue 2,82 %.

El híbrido DK-7508 con 7 995,93 kg/ha tuvo mayor promedio comparado con Batalla. Las plantas sembradas con una densidad poblacional de 95 238 plantas/ha tuvieron mayor producción (8 121,29 kg/ha) siendo estadísticamente superior a la densidad poblacional de 62 500 plantas/ha. El Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) con 9558,75 kg/ha fue estadísticamente superior a los demás programas, con menor promedio en el Programa 4 (92 kg/ha N, 60 kg/ha K) con 6 502,5 kg/ha.

El híbrido DK-7508 sembrado en la densidades poblacionales de 95 238 plantas/ha, fertilizado con el Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) con 10 166,67 kg/ha, fue estadísticamente igual a Batalla sembrado en la densidad poblacional de 95 238 plantas/ha, fertilizado con el Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) con 9 626,67 kg/ha, pero superior al resto de tratamientos, obtenidos el menor promedio en ambos híbridos sembrados en la densidad de 62 500 plantas/ha y fertilizados con el Programa 4 (92 kg/ha N, 60 kg/ha K).

Tabla 9. Rendimiento por hectárea con la aplicación de programas de fertilización en la producción de maíz.

Factor A Variedad	Factor B Población Planta/ha	Factor Programa Fertilización	kg/ha
Batalla			7933,88 a
DK-7508			7995,63 a
	62500		7728,21 b
	95238		8121,29 a

		Programa 1	9558,75 a
		Programa 2	8522,75 b
		Programa 3	7275,00 c
		Programa 4	6502,50 d
Batalla	62500	Programa 1	9413,33 b
Batalla	62500	Programa 2	8190,00 c
Batalla	62500	Programa 3	7463,33 cde
Batalla	62500	Programa 4	6284,00 e
Batalla	95238	Programa 1	9626,67 ab
Batalla	95238	Programa 2	8107,00 cd
Batalla	95238	Programa 3	7340,00 de
Batalla	95238	Programa 4	6880,00 e
DK-7508	62500	Programa 1	9235,00 b
DK-7508	62500	Programa 2	7656,67 cde
DK-7508	62500	Programa 3	7210,00 de
DK-7508	62500	Programa 4	6373,33 e
DK-7508	95238	Programa 1	10166,67 a
DK-7508	95238	Programa 2	9333,33 b
DK-7508	95238	Programa 3	7050,00 de
DK-7508	95238	Programa 4	6466,67 e
Promedio general			7924,75
	Factor A		**
Significancia estadística	Factor B		**
	Factor C		**
	Interacción A x B x C		**
Coeficiente de variación (%)			2,82

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según Tukey 95 %.

**= altamente significativo

En la Tabla 10, se detallan los valores de la valoración económica realizada a los tratamientos, se hizo un estudio de ingresos, egresos y utilidad neta. El híbrido DK-76508 sembrado a 95 238 plantas/ha y fertilizado con el Programa 1 (160 kg/ha N, 30 kg/ha P, 90 kg/ha K, 30 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B) mostró la mayor utilidad y beneficio Neto (\$ 1294,44 y 1,83), observándose el menor ingreso en el mismo híbrido, misma densidad poblacional y con el Programa 4 (92 kg/ha N, 60 kg/ha K).

Tabla 10. Análisis económico de los tratamientos.

Híbrido	Población	Tratamiento	kg/ha	Ingreso	Costo Cultivo	Costo fertilización	Costo cosecha	Costo Total	Utilidad Neta	B/C
Batalla	62500	Programa 1	9413,33	2640,70	703,50	423,6	310,67	1437,73	1202,98	1,84
Batalla	62500	Programa 2	8190,00	2297,52	703,50	320,7	270,30	1294,46	1003,06	1,77
Batalla	62500	Programa 3	7463,33	2093,67	703,50	217,8	246,31	1167,59	926,08	1,79
Batalla	62500	Programa 4	6284,00	1762,84	703,50	160,0	207,39	1070,89	691,95	1,65
Batalla	95238	Programa 1	9626,67	2700,55	798,50	423,6	317,71	1539,77	1160,78	1,75
Batalla	95238	Programa 2	8107,00	2274,24	798,50	320,7	267,56	1386,72	887,52	1,64
Batalla	95238	Programa 3	7340,00	2059,08	798,50	217,8	242,24	1258,52	800,56	1,64
Batalla	95238	Programa 4	6880,00	1930,03	798,50	160,0	227,06	1185,56	744,47	1,63
DK-7508	62500	Programa 1	9235,00	2590,68	703,50	423,6	304,79	1431,84	1158,83	1,81
DK-7508	62500	Programa 2	7656,67	2147,91	703,50	320,7	252,70	1276,86	871,05	1,68
DK-7508	62500	Programa 3	7210,00	2022,61	703,50	217,8	237,95	1159,23	863,38	1,74
DK-7508	62500	Programa 4	6373,33	1787,90	703,50	160,0	210,34	1073,84	714,06	1,66
DK-7508	95238	Programa 1	10166,67	2852,04	798,50	423,6	335,53	1557,59	1294,44	1,83
DK-7508	95238	Programa 2	9333,33	2618,26	798,50	320,7	308,03	1427,20	1191,06	1,83
DK-7508	95238	Programa 3	7050,00	1977,72	798,50	217,8	232,67	1248,95	728,77	1,58
DK-7508	95238	Programa 4	6466,67	1814,08	798,50	160,0	213,42	1171,92	642,16	1,55

Costo saca de maíz: \$12,75

En la eficiencia agronómica mediante el cálculo realizado se demuestra que el DK-76508 sembrado a 95 238 plantas/ha y fertilizado con el Programa 1 (120 kg/ha N, 32 kg/ha P, 60 kg/ha K, 20 kg/ha S, 20 kg/ha Mg, 3 kg/ha Zn, 2 kg/ha B), tuvo la mejor tasa de asimilación teniendo los rangos de nitrógeno (23,89), fósforo (143,33), potasio (47,78) y azufre (143,33), esto según los establecido por Snyder (2009) y Murrell (2009), quienes indican que los valores reportados adecuados son: 20 N, 80 P, 35 K, 100 S y 120 Mg.

Tabla 11. Eficiencia agronómica con la aplicación de programas de fertilización en la producción de maíz.

Factor A Variedad	Factor B Población	Factor Programa	N	P	K	S	Mg
	Planta/ha	Fertilización	kg grano/kg fertilizante				
Batalla	62500	Programa 1	19,56	104,31	34,77	104,31	156,47
Batalla	62500	Programa 2	15,88	95,30	31,77	95,30	95,30
Batalla	62500	Programa 3	14,74	117,93	39,31	117,93	58,97
Batalla	62500	Programa 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Batalla	95238	Programa 1	17,17	91,56	30,52	91,56	137,33
Batalla	95238	Programa 2	10,23	61,35	20,45	61,35	61,35
Batalla	95238	Programa 3	5,75	46,00	15,33	46,00	23,00
Batalla	95238	Programa 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DK-7508	62500	Programa 1	17,89	95,39	31,80	95,39	143,08
DK-7508	62500	Programa 2	10,69	64,17	21,39	64,17	64,17
DK-7508	62500	Programa 3	10,46	83,67	27,89	83,67	41,83
DK-7508	62500	Programa 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DK-7508	95238	Programa 1	23,13	123,33	41,11	123,33	185,00
DK-7508	95238	Programa 2	23,89	143,33	47,78	143,33	143,33
DK-7508	95238	Programa 3	7,29	58,33	19,44	58,33	29,17
DK-7508	95238	Programa 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

En la variable análisis foliar se muestra que los híbridos en los distanciamientos que fueron fertilizados con baja dosis (Programa 4) presentaron deficiencias de nitrógeno, fósforo y magnesio. Los valores de potasio y cobre fueron deficitarios para todos los tratamientos, mientras los niveles de calcio, hierro, zinc, manganeso y boro son adecuados.

Tabla 12. Análisis foliar con la aplicación de programas de fertilización en la producción de maíz.

Muestra	kg/ha N-P-K-S- Mg	(%)					PPM				
		N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
Batalla 62500	Programa 1	3,8 E	0,31 A	2,18 D	0,84 A	0,22 A	26 A	8 D	198 A	271 A	14 A
Batalla 62500	Programa 2	3,8 E	0,28 E	2,11 D	0,91 A	0,23 A	26 A	8 D	209 A	279 A	15 A
Batalla 62500	Programa 3	3,0 E	0,29 A	2,01 D	0,94 A	0,21 A	27 A	7 D	193 A	274 A	15 A
Batalla 62500	Programa 4	2,1 D	0,09 D	2,08 D	0,96 A	0,11 D	28 A	7 D	191 A	278 A	15 A
Batalla 95238	Programa 1	3,2 A	0,28 A	2,17 D	0,97 A	0,18 A	29 A	7 D	195 A	279 A	17 A
Batalla 95238	Programa 2	3,1 A	0,27 A	2,13 D	0,93 A	0,22 A	26 A	6 D	198 A	272 A	18 A
Batalla 95238	Programa 3	3,1 A	0,27 A	2,04 D	0,96 A	0,21 A	32 A	8 D	189 A	273 A	18 A
Batalla 95238	Programa 4	2,2 D	0,10 D	2,07 D	0,95 A	0,08 D	27 A	7 D	186 A	279 A	19 A
DK-7508 62500	Programa 1	3,8 E	0,32 E	2,25 D	0,91 A	0,23 A	26 A	8 D	194 A	276 A	17 A
DK-7508 62500	Programa 2	3,9 E	0,29 A	2,11 D	0,92 A	0,24 A	28 A	8 D	195 A	278 A	17 A
DK-7508 62500	Programa 3	3,7 E	0,29 A	2,08 D	0,95 A	0,22 A	27 A	8 D	199 A	274 A	16 A
DK-7508 62500	Programa 4	2,1 D	0,09 D	2,13 D	0,93 A	0,08 D	26 A	9 D	201 A	275 A	16 A
DK-7508 95238	Programa 1	3,2 A	0,28 A	2,17 D	0,94 A	0,21 A	29 A	9 D	195 A	274 A	19 A
DK-7508 95238	Programa 2	3,3 A	0,26 A	2,13 D	0,92 A	0,22 A	28 A	7 D	198 A	276 A	15 A
DK-7508 95238	Programa 3	3,2 A	0,26 A	2,14 D	0,92 A	0,24 A	26 A	8 D	193 A	273 A	16 A
DK-7508 95238	Programa 4	2,2 D	0,12 D	2,17 D	0,93 A	0,08 D	25 A	8 D	194 A	277 A	16 A

Conclusiones

Los resultados de la presente investigación demuestran que la aplicación de un programa balanceado de nutrición edáfica y foliar, mejora la capacidad agronómica y productiva del cultivo de maíz, debido al mayor incremento en la masa foliar y estabilidad fisiológica de las plantas, tal como Murillo (2017), manifiesta que con las aplicaciones de los fertilizantes se logra mejorar las manifestaciones fisiológicas y morfológicas del cultivo del maíz, de esta manera el cultivo no pasó por desórdenes nutricionales que afectasen su normal desarrollo, estimulando de esta manera el desarrollo y calidad nutricional del maíz, sobre todo bajo las condiciones ambientales presentes.

Bibliografía

Aguilar, C., Salvador, J., Aguilar, I. (2015). Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno. *Terra* pág. 141

Latinoamericana, 33(1), 51–62.

Bertorelli, B. (2017). *Manejo del cultivo de maíz y sus fertilizaciones*. Instituto de Química y Tecnología (Tesis de grado, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela).

<http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/20897/1/TESIS%20LERNYS%2013.11.15.pdf>

Bonilla, N. (2016). Fertilización nitrogenada de variedades de maíz en dos localidades maiceras de Costa Rica. *Alcances Tecnológicos*, 8(1), 39–44.

<https://doi.org/10.35486/at.v8i1.77>

Bernal, J., Navas, G., Hernández, R. (2014). Requerimientos y respuestas a la fertilización del maíz en suelos de sabanas ácidas de Colombia. *Agronomía Hispanoamérica*, 15, 6-10.

[http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/EE5636022A70E26985257D7400608936/\\$FILE/Art%202.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/EE5636022A70E26985257D7400608936/$FILE/Art%202.pdf)

Castellanos Reyes, M., Valdés Carmentate, R., Guridi Izquierdo, F., y López Gómez, A. (2017). Evaluación de formas de aplicación de fertilizante en híbrido de maíz (*Zea mays* L.) Espinal-Colombia. *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(3), 45-50.

<https://www.rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/771>

Deras Flores, F. (2020). *Guía Técnica del cultivo de maíz*, IICA (Archivo PDF).

<http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>

Guzmán Mendoza, R., Salas Araiza, M., Calzontzi Marín, J., Martínez Yáñez, R., Pérez Moreno, L. (2016). Efectos de la fertilización en cultivos de maíz sobre la abundancia y distribución de *Macrodactylus nigripes* (Coleóptera: Melolonthidae) de las tierras altas del centro de México. *Acta Universitaria*, 26(1), 144-156.

<https://doi.org/10.15174/au.2016.802>

García, F. O. (2016). *Manejo de la fertilidad de suelo y fertilización de cultivos para altos rendimientos en la región pampera Argentina*. In: Conferencia de fertilizantes cono sur. Porto Alegre. Brasil. 45p.

<https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/manejo-de-la-fertilidad-de-suelo-y-fertilizacion-de-cultivos-para-altos-rendimientos.pdf>

Garbanzo León, Gabriel., Alvarado Hernández, Alfredo, Vargas Rojas, Jorge., Cabalceta Aguilar, Gilberto., Vega Villalobos. Edgar. (2021). Fertilización con nitrógeno y potasio en maíz en un Alfisol de Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1), 137-148. doi:10.15517/am. v32i1.39822

- Gordon Mendoza, R., Franco Barrera, J., Villarreal Núñez, J. (2016). Manejo de la fertilización fosforada en el cultivo de maíz, El Ejido, Panamá. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 95–108. <https://doi.org/10.15517/am.v27i1.21889>
- India S.A. (2018). *Manual del cultivo del maíz duro*. Boletín Técnico y divulgativo. N°14. 12 p.
- Lagunes Domínguez, A., Vilaboa Arroniz, J., Platas Rosado, D., López Romero, G., Alonso López, A. (2018). Evaluación de diferentes niveles de composta como estrategia de fertilización en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *AGRO Productividad*, 11(1), 32-37. <https://go.gale.com/ps/anonymous?p=IFME&sw=w&issn=&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA533244690&sid=googleScholar&linkaccess=fulltext>
- León Alcántara, W. (2016). Manejo de la fertilización de maíz (*Zea mays* L.) en el Valle Santa Catalina (Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego, Perú). https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/2423/1/rep_ing.agron_wilson.le%c3%93n_manejo.fertilizaci%c3%93n.ma%c3%8dz.zea.mays.l.valle.santa.catalina.pdf
- Linares, M., Barrios, M., Solórzano, P. (2012). Efecto de la fertilización con urea tratada con inhibidor de la nitrificación sobre el rendimiento y la nutrición del maíz. *Revista Facultad de Agronomía*, 38(2), 41-48. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/5895
- Moyano, M. (2020). *Selectividad del cultivo de maíz (Zea mays L.) a la aplicación del herbicida Nicosulfuron en diferentes etapas de desarrollo* (Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador). <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8219>
- Murillo, I. (2017). *Efectos de la fertilización orgánica edáfica y foliar, en el cultivo de maíz (Zea mays)'' en la zona de Babahoyo* (Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo). <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3113>
- Medina Méndez, J., Alejo Santiago, G., Soto Rocha, J. M., y Hernández Pérez, M. (2018). Rendimiento de maíz grano con y sin fertilización en el estado de Campeche. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(21), 4306-4316. <http://dx.doi.org/10.29312/remexca.v0i21.1532>
- Steward, W. (2016). *Fertilizantes y el Ambiente*. Instituto de la Potasa y el Fosforo. Informaciones Agronómicas (Archivo PDF). <http://www.ipni.net/publication/ia->

[lahp.nsf/0/624696a10165d977852579a30079a777/\\$file/inf-agro38.pdf](http://lahp.nsf/0/624696a10165d977852579a30079a777/$file/inf-agro38.pdf)

SAG (secretaría de Agricultura y Ganadería). (26 septiembre del 2022). *Selección de variedades e híbridos de maíz*. www.sag.gob.hn.

Salvagiotti, F. (2017). *Fertilización en maíz: estrategias del manejo de nutrientes de alta y baja movilidad en el suelo*, INTA (Archivo PDF). https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_maiz_fertp_salvagiotti20.pdf

Villavicencio, J., Yáñez, C., Zambrano, J. (2017). *Estado de la investigación y desarrollo tecnológico del maíz en Ecuador*, Archivos Académicos, USFQ (Archivo PDF). https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjB7dao4b_6AhUVtTEKHSC6BeUQFnoECAGQAQ&url=http%3A%2F%2Frevistas.usfq.edu.ec%2Findex.php%2Farchivosacademicos%2Farticle%2Fdownload%2F1476%2F1573%2F&usg=AOvVaw0Mt6ctnJzVZjSxKzp_984D

Vera Rodríguez, J., Cepeda Landin, Wilson., Espejo Galarza, Juan., Cárdenas Carreño, Diana., Inga Herrera, Gavino., Balón Cárdenas, Alexandra., Granda Correa, José., Delgado Orozco, Juan. (2020). Comparación de 2 formas de fertilización en cultivo de maíz variedad DK 7500, La Troncal-Ecuador. *Revista Ciencia e Interculturalidad*, 26 (1), 164-175. <https://doi.org/10.5377/rci.v26i01.9892>

Vera Rodríguez, J., Cepeda Landin, W., Cárdenas Carreño, D., Espejo Galarza, F., Balón Herrera, G., Granda Cárdenas, A., Delgado Orozco, J. (2020). Efecto de 3 formas de fertilización en cultivo de Maíz variedad DAS 3383, La Troncal-Ecuador. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 15(2): 84-98. <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n1.2020.750>

Virgen, V., Arellano, V., Rojas, M., Ávila, P., Gutiérrez, H. (2017). Rendimiento y calidad de semilla en cruces simples de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para Valles Altos, bajo dos densidades de población de Tlaxcala. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(4), 247-255. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802010000500021

Zamudio González, B., Félix Reyes, A., Martínez Gutiérrez, A., Cardoso Galvão, J., Espinosa Calderón, A., Tadeo Robledo, M. (2018). Producción de híbridos de maíz con urea estabilizada y nutrición foliar. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(6), 75-89. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v9n6/2007-0934-remexca-9-06-1231.pdf>

CAPÍTULO V

Enfermedades en el cultivo de arroz

José Mera Pinargote
Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias
Ingeniero Agrónomo
jmera@hotmail.com

Danilo Santana Aragoné
Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
Ingeniero Agrónomo - Analista de Laboratorio
dsantana@utb.edu.ec

Yary Ruiz Parrales
Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias
Master en Ingeniería Agrícola
yruiz@utb.edu.ec

Orlando Díaz Romero
Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias
Master en Ingeniería Agrícola
odiaz@utb.edu.ec

Resumen

El presente trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo de determinar las principales enfermedades del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) y grado de incidencia. Se utilizaron como material de siembra semillas de la variedad INIAP 14 e INIAP 15. Se aplicó un diseño de Parcelas divididas, con dos tratamientos, cuatro subtratamientos y tres repeticiones, la evaluación de medias se realizó con la prueba de significancia de Tukey al 5 %. Las variables evaluadas fueron: incidencia y severidad de las enfermedades, eficacia de los fungicidas, número de macollos, panículas a la cosecha, granos por panícula, peso de 1000 granos, rendimiento de grano y análisis de laboratorio. Mediante los resultados obtenidos, se determinó que a los 60 y 75 días después del trasplante, los tratamientos que no se utilizaron fungicidas reportaron mayor incidencia de enfermedades, siendo más susceptible la variedad de arroz Iniap 15 para *R. solani*, *S. oryzae*, *P. oryzae* y la variedad Iniap 14 para *H. oryzae*; en el porcentaje de severidad, a los 60 y 75 días después del trasplante, los tratamientos con semilla sin tratar alcanzaron promedios superiores, siendo la variedad de arroz Iniap 15 para *R. solani*, *S. oryzae* e Iniap 14 para *H. oryzae* y *P. oryzae*; la mayor eficacia de los fungicidas fue ante la enfermedad causada por *S. oryzae* con 82,3 %; las variables longitud de panícula, número de macollos y panículas/m², granos por panícula

y peso de 1000 granos reportó mayores promedios en la variedad Iniap 15 cuando la semilla fue tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas; el mayor rendimiento del grano se obtuvo con la siembra de la variedad Iniap 14, cuando se aplicó la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas.

Introducción

Particularmente en el Ecuador uno de los cultivos que genera más ingresos en el sector agrícola es el arroz. Por esta razón es de suma importancia manejar las plantaciones de una manera adecuada a fin de obtener un óptimo rendimiento. Dentro de los problemas que deben superar los productores ecuatorianos se encuentran las enfermedades del cultivo, las cuales pueden ocasionar grandes pérdidas en cuanto a rendimiento (Esparza Abad, 2019).

Según Gutiérrez y Cúndom (2018), el cultivo de arroz (*O. sativa* L.) puede ser afectado por enfermedades causadas por microorganismos, desde la germinación hasta la madurez del mismo, las cuales pueden incidir en el rendimiento y/o calidad de la producción.

Quintana (2018), expresa que el arroz puede ser afectado por enfermedades desde la germinación hasta la madurez del mismo. La intensidad de las enfermedades puede variar cada año y de un cultivo a otro, dependiendo de la susceptibilidad de las variedades y de las condiciones climáticas que se presentan en el ciclo del cultivo.

García (2017), explica que debido a que las enfermedades pueden ocasionar daños severos en una plantación de arroz, es importante, que el productor sepa identificar y efectúe un monitoreo frecuente en su plantación para detectar los síntomas iniciales de la presencia de enfermedades, para proceder a tomar medidas de control o prevención.

Orrala Coello (2021), manifiesta que las enfermedades causadas por hongos se caracterizan por la presencia de patógenos en las plantas hospedantes o dentro de ellas. La presencia activa de estos patógenos en la planta podría indicar que son la causa de la enfermedad.

De acuerdo con Gutiérrez y Cúndom (2018), uno de los problemas que existen para la identificación de las enfermedades se debe a la gran extensión de los arrozales bajo riego, situación que dificulta el monitoreo de las enfermedades y confusión de la sintomatología de las enfermedades presentes.

Masapanta Cholo (2016) sostiene que los daños producidos por las enfermedades en el cultivo de arroz pueden variar cada año y de un cultivo a otro, dependiendo de las

condiciones ambientales, de la susceptibilidad de las variedades, de las razas de los microorganismos y de las condiciones predisponentes.

Álvarez *et al.*, (2018), expresan que las enfermedades causantes del vaneamiento del arroz, que impide que la espiga complete el desarrollo del grano, han provocado una reducción del 24 al 26 % de la producción arroceras acumulada de este año. El impacto mayor se registró en la cosecha invernal, donde hubo productores que registraron una afectación de hasta el 40% por vaneamiento o la presencia del complejo del manchado.

El manchado de grado es una enfermedad causada por un conjunto de hongos que atacan el grano y que aparece entre los 60 y 70 días de la siembra, es decir, en la fase de floración y espigamiento. Las variaciones climáticas, con lluvias que llegaron a destiempo, y las enfermedades mermaron los resultados en zonas arroceras de Guayas y Los Ríos (Aguilar Anccota *et al.*, 2017).

Para Cárdenas (2018) las enfermedades se encuentran entre las principales causas que limitan la productividad del arroz, dada la inestabilidad que provoca en el rendimiento de este cereal.

Suarez *et al.*, (2018), mencionan que *Pyricularia* (quemazon o hiel del arroz) es la enfermedad más importante en el cultivo de arroz y es causada por el hongo *P. oryzae*. Este hongo ataca varios órganos de la planta como ser: hojas, entrenudos del tallo y más importante en la panícula (cuello, pedúnculo y los granos).

Álvarez Reto (2021), expresa que las lesiones de la piricularia en el follaje varían desde pequeños puntos de color café hasta lesiones en forma de rombo o diamantes grandes, usualmente estas lesiones presentan un centro grisáceo con o sin bordes de color café-rojizo, mientras que las manchas pequeñas, son consideradas como una reacción de una tolerancia moderada de la planta.

Franquet (2017), aclara que dentro de las enfermedades que padecen los arrozales, la más temible es, sin duda, la *P. oryzae*, originada por un hongo microscópico. El micelio del hongo produce una sustancia tóxica conocida como piricularina, que inhibe el crecimiento de los tejidos y los desorganiza. Los factores meteorológicos imperantes condicionan de forma importante la aparición de esta enfermedad. Se puede predecir la aparición del hongo cuando la temperatura registrada oscile entre los 16 y los 28 °C y haya en el aire una humedad relativa del 90% o bien superior durante 14 horas o más.

Helminthosporium oryzae es una enfermedad que causa muchos problemas en el cultivo del arroz. Su severidad está frecuentemente relacionada con la variedad y con una nutrición deficiente. En la hoja, las lesiones iniciales son puntos o manchitas circulares de 0,5 mm de color café; se pueden confundir con lesiones iniciales de *Pyricularia*. La lesión desarrollada alcanza 2 mm de ancho y de 0,5 a 6 mm de largo, es de conformación ovoide con el centro color blanco grisáceo y el borde color café rodeado por un halo amarillento (Salazar Santiago, 2019).

Rodríguez Pedroso *et al.*, (2017), expresan que *H. oryzae* describen que las lesiones foliares no son confluyentes y se distribuyen con bastante uniformidad en la lámina foliar. A partir de la etapa de floración, la hoja bandera es la que resulta más afectada. En las glumas del grano produce manchas ovaladas de color café oscuras que pueden confundirse con lesiones debidas a chinches.

Pérez *et al.*, (2018), define que Helminthosporiosis es la enfermedad causada por el hongo *Cochliobolus mirabeanus* y en su estado conidial por el hongo *H. oryzae* y puede atacar tanto las plántulas como plantas adultas. Esta enfermedad se asocia con suelos deficientes en nutrientes y también con escasez de humedad (sequía) en el suelo.

Los síntomas de *H. oryzae* se presentan en las hojas y en los granos. Las lesiones en las hojas son manchas circulares u ovaladas de color café oscuro y las manchas en los granos pueden cubrir totalmente la casulla (Agrios, 2018).

Certis (2018), manifiesta que el “grano manchado” es causado por un complejo fungoso y bacteriano, entre los cuales se mencionan: *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Leptosphaeria*, *Fusarium*, *Curvularia*, *Nigrospora*, *Erwinia*, *Cercospora*, *Sarocladium*, etc. Algunos de estos organismos son patógenos de otras partes de la planta.

Ulacio *et al* (2016), considera que *R. solani*, del grupo de anastomosis AG1-IA, constituye uno de los grupos más importantes de la especie. Causa, entre otras enfermedades, el tizón de la vaina de la hoja de arroz (*Oryza sativa*), cultivo de gran importancia en áreas tropicales y subtropicales. La enfermedad representa un problema grave en muchas zonas arroceras, donde se le ha considerado una de las principales enfermedades del cultivo.

Los síntomas de *R. solani* se evidencian, generalmente, a partir de la etapa de máximo macollamiento, presentándose en forma de “parches”, focos o áreas irregulares de aspecto quemado. Los ataques severos destruyen los tallos y promueven el volcamiento o acame de

las plantas. Sobre las lesiones se forman los esclerocios, los cuales conforman el inóculo primario y estructura de resistencia debido a que pueden sobrevivir por varios ciclos de siembra en el suelo y en los residuos vegetales (Regato, 2016).

Intriago *et al.*, (2018), determinan que *R. solani* es una enfermedad considerada como la segunda en importancia económica después de la *Pyricularia*. Este incremento se debe a la intensidad del cultivo, al amplio uso de variedades tempranas o semi-tempranas y al aumento en el uso de fertilizantes nitrogenados.

Van Opstal *et al.*, (2021), manifiestan que *R. solani* genera lesiones que se producen principalmente en la vaina, siendo éstas en un principio de forma ovoide, de color gris verdoso, con una longitud que varía entre 1 y 3 cm de largo. El centro de la lesión se torna de coloración blanco-grisácea, con un margen marrón.

Garrido Rondoy (2019), relata que *S. oryzae* es un hongo que produce la enfermedad conocida como pudrición de la vaina, la sintomatología de esta enfermedad son lesiones en la vaina y en el tallo, esto a la vez provoca una deficiencia de hierro en follaje que se manifiesta por un amarillamiento de las hojas. Para el control de estos patógenos se recomiendan productos a base de Sulfato de Cobre Penta-Hidratado.

Campoverde (2016), señala que las lesiones iniciales de *S. oryzae* se presentan en las vainas de las hojas superiores y en la vaina de la hoja bandera, son manchas oblongas y alargadas con borde café y centro grisáceo. A medida que la enfermedad avanza, las lesiones se crecen y coalescen, llegando a cubrir gran parte de la vaina de la hoja. Las infecciones severas y tempranas ocasionan que la panícula no emerja en su totalidad y en algunos casos llega a podrirse; las panículas que llegan a emerger muestran flores curvas de color café rojizo a café oscuro.

Vivas y Intriago (2022), señalan que la pudrición de la vaina es una enfermedad que se puede transmitir por semilla, siendo el hongo capaz de sobrevivir en los residuos de cosecha, además es favorecida por altas densidades de siembra, heridas causadas por un inadecuado manejo de herbicidas y por deficiencias de nutricionales.

Alvares Reto (2018), menciona que la variedad infinita y complejidad de la mayoría de las enfermedades fungosas de las plantas han propiciado el desarrollo de un número también bastante amplio de medidas para su control. Las características particulares del ciclo de vida

de cada hongo son algunas características más importantes que deben tomarse en cuenta cuando trate de controlarse una enfermedad fungosa.

Los métodos de control más utilizados para el control de enfermedades fungosas en el cultivo de arroz han sido el uso de variedades resistentes y el control químico, pero este último es el que más se ha difundido y su uso indiscriminado ha provocado resistencia en los hongos, disminución de enemigos naturales, toxicidad en granos y un elevado costo de producción (Tumbaco Pluas, 2021).

Álvarez Reto (2018), menciona que la utilización de productos fitosanitarios permite aumentar la rentabilidad de los cultivos mediante el control de enfermedades y plagas causadas por organismos parásitos (nematodos, hongos, bacterias, virus y fitoplasmas)

Metodología

El presente trabajo de investigación se realizó en una zona arroceras, ubicadas en la vía Babahoyo – Montalvo, Hda. La Esperanza, Rcto. “Los Beldacos”, Cantón Montalvo. La zona presenta un clima tropical, según la clasificación de HOLDRIBGE es un bosque húmedo tropical, con temperatura anual de 25,7 °C, una precipitación de 1.845 mm/año, humedad relativa de 76 % y 804,7 horas de heliofanía de promedio anual. Se utilizaron materiales campo y semilla certificada de semilla certificada de la variedad INIAP 14 e INAP 15. Se estudiaron dos factores; a) Cultivo de arroz, variedades INIAP 14 e INIAP 15 y, b): Manejo de semillas sin tratar y tratadas más aplicación foliar de fungicidas. Se evaluaron los siguientes tratamientos como se indica en la siguiente Tabla 1:

Tabla 1. Tratamientos estudiados en la determinación de las principales enfermedades del arroz y grado de incidencia en zona arroceras.

Tratamientos		
Nº	Variedades de arroz	Manejo
T1	INIAP 14	Semilla sin tratar (Testigo)
T2		Semilla tratada (Vitavax)

T3		Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas
T4		Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas
T5	INIAP 15	Semilla sin tratar (Testigo)
T6		Semilla tratada (Vitavax)
T7		Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas
T8		Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas

Para el desarrollo y evaluación estadística del ensayo se aplicó el diseño experimental de Parcelas divididas, con dos tratamientos, cuatro subtratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos estuvieron constituidos por las variedades de arroz y la siembra de semillas sin tratar y tratadas más fungicidas. Las comparaciones de las medias se efectuaron con la prueba del rango múltiple de Tukey al 5 % de significancia. Las variables evaluadas fueron: incidencia y severidad de las enfermedades, eficacia de los fungicidas, altura de planta, número de macollos, panículas a la cosecha, longitud de panícula, granos por panícula, peso de 1000 granos, rendimiento de grano, análisis económico y análisis de laboratorio.

La preparación del suelo se realizó mediante un pase de arado, un pase de rastra y un pase de fangueo con motocultor, con el propósito que el suelo quede suelto para realizar el trasplante.

La siembra se efectuó mediante trasplante, con un distanciamiento de siembra de 20 cm entre plantas y 25 cm entre hileras.

El riego se realizó según los requerimientos hídricos del cultivo, con una bomba de 6" por inundación hasta conseguir la lámina de agua requerida. Se realizó en intervalos de 10 días, hasta el embuchamiento del cultivo (75 días).

El control de malezas se efectuó de manera manual, ya que el cultivo se manejó con lámina de agua.

La fertilización se realizó con tres aplicaciones: a los 15 días después del trasplante se empleó Urea + Muriato de Potasio en dosis de 2 sacos + 1 saco/ha, respectivamente; a los 30 ddt se utilizó Urea + Sulfato de Amonio en dosis de 2 sacos + 1 saco/ha y a los 45 ddt se aplicó Urea en dosis de 2 sacos/ha.

El control de enfermedades se realizó según lo detallado en el Cuadro 1. El Vitavax se incorporó en la semilla al momento de la siembra, en dosis de 200 g/100 kg de semilla, mientras que los tratamientos con fungicidas se aplicaron Tebuconazole a los 20 ddt en dosis de 700 cc/ha y Taspa (Difenoconazole + Propiconazol) a los 45 ddt en dosis de 400 cc/ha.

Para el control de plagas se utilizó Cypermetrina en dosis de 300 cc/ha para controlar langosta (*Spodoptera frugiperda*.) a los 7 días después de la siembra en el semillero. Posteriormente se aplicó Engeo (Thiametoxam + Lambda cyhalotrina) a los 10 días después del trasplante en dosis de 200 cc/ha para el control de *Hidrellia* sp y *Clorpirifos* a los 60 ddt en dosis de 1 lt/ha para el control de *Syngamia* sp.

La cosecha se efectuó en forma manual, cuando los granos lograron la madurez fisiológica en cada parcela experimental.

Para determinar la incidencia y severidad de las enfermedades se realizaron evaluaciones cada 15 días, a partir de la presencia de las enfermedades, donde se contó el número de plantas enfermas del área útil, dividiendo para el número total de plantas de la misma área y multiplicado x 100. La fórmula fue la siguiente:

$$\% \text{ incidencia} = \frac{\text{numero de plantas enfermas por unidad}}{\text{total obsevadas (sanas+enfermas)}} \times 100$$

La severidad se determinó mediante observaciones visuales del área enferma, mediante la fórmula siguiente:

$$\% \text{ severidad} = \frac{\text{área del tejido enfermo}}{\text{area total (sanas + enfermas)}} \times 100$$

La eficacia de los fungicidas se determinó mediante la siguiente formula:

$$E = \frac{IT - It}{IT} \times 100$$

E = Eficacia de los fungicidas

IT = Infección en el testigo

It = infección en el tratamiento

El número de macollos se determinó en cada una de las parcelas experimentales, registrando a la cosecha el número de macollos existentes en un metro cuadrado por área útil.

Para determinar el número de granos por espiga, se tomaron diez espigas al azar en cada parcela experimental; se contaron los granos llenos y vacíos para luego obtener un promedio.

El rendimiento se obtuvo por el peso de los granos provenientes del área útil de cada parcela experimental, uniformizando al 14 % de humedad y transformado en kg/ha. Para uniformizar los pesos se empleó la siguiente fórmula:

$$Pu = Pa (100 - ha) / (100 - hd)$$

Pu= Peso uniformizado

Pa= Peso actual

ha= Humedad actual

hd= Humedad deseada

Para el análisis de laboratorio se colectaron muestras representativas (2/3 partes del tejido enfermo y 1/3 del tejido sano), de hojas y de semilla sin germinar que presentaron signos y síntomas de la enfermedad. Posteriormente las muestras se trasladaron al laboratorio y lavadas con agua para eliminar impurezas, luego se desinfectaron con solución de hipoclorito de sodio al 5 %, se enjuagaron con agua destilada estéril y se colocaron en papel filtro para eliminar el exceso de humedad. Para el desarrollo de los patógenos se utilizó el método de incubación en cámara húmeda (observaciones in vitro).

Las muestras previamente lavadas se colocaron en cajas Petri esterilizadas, en cuyo interior contenían papel filtro humedecido con agua destilada, sobre el cual se colocaron dos porta objetos y encima de ellos la muestra del material enfermo. Permanecieron en cámara húmeda por el lapso de 48 a 72 horas y se observó el desarrollo del patógeno.

Para identificación del patógeno se prepararon pacas provistas del material enfermo, frotando de la superficie del vegetal que estaba dentro de la cámara húmeda, con la ayuda de un asa metálica y se colocó cierta cantidad de esporas en un porta objeto que contenía una gota de lactofenol, se cubrió la muestra con cubre objeto y se identificó los agentes causales.

Resultados

En la Tabla 2 se muestran las enfermedades que se presentaron en el ensayo.

Tabla 2. Enfermedades presentes en el cultivo del arroz y grado de incidencia.

Enfermedad	Agente causal
Añublo del arroz:	<i>Rhizoctonia solani</i>
Pudrición de la vaina:	<i>Sarocladium oryzae</i>
Helminthosporiosis:	<i>Helminthosporium oryzae</i>
Quemazón:	<i>Pyricularia oryzae</i>

En la Tabla 3, se presentan los valores promedios de porcentaje de incidencia del Añublo del arroz (*R. solani*) a los 60 y 75 días después del trasplante, donde el análisis de varianza no reportó diferencias significativas para tratamientos y diferencias altamente significativas para subtratamientos e interacciones. Los promedios generales son de 7,0 y 9,0 % y coeficiente de variación de 9,27 y 15,54 %, respectivamente.

Aplicada la prueba de Tukey al 95 %, se observa en la evaluación realizada a los 60 días, en tratamientos, la variedad india 14 obtuvo 7,4 % de incidencia mientras que Iniap 15 reflejó 6,7 %. En subtratamientos, la semilla sin tratar reportó mayor porcentaje de incidencia con 10,4 %, estadísticamente superior a los demás subtratamientos, siendo el menor promedio para la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas con 2,7 %. En las interacciones, la siembra de Iniap 15, sin aplicación de fungicidas alcanzó 10,7 % de incidencia, estadísticamente igual a la variedad Iniap 14 sin tratamiento de fungicidas y superiores estadísticamente a las demás interacciones, siendo el menor promedio para la variedad Iniap 15 cuya semilla fue tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas con 2,0 %.

A los 75 días después del trasplante, en tratamientos, la variedad Iniap 14 reportó 9,6 % de

incidencia mientras que Iniap 15 mostró 8,4 %. En subtratamientos, la semilla sin tratar detectó mayor porcentaje de incidencia con 16,3 %, estadísticamente superior a los demás subtratamientos, siendo el menor valor para la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas con 2,9 %. En las interacciones, la siembra de Iniap 14, sin tratamiento, obtuvo 16,9 % de incidencia, estadísticamente igual a la variedad Iniap 15 sin tratamiento de fungicidas y superiores estadísticamente a las demás interacciones, siendo el menor promedio para la variedad Iniap 15 cuya semilla fue tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas con 2,6 % de incidencia.

Los valores de porcentaje de severidad del Añublo del arroz (*R. solani*) a los 60 y 75 días después del trasplante se muestran en la Tabla 4. El análisis de varianza no reportó diferencias significativas para tratamientos y diferencias altamente significativas para subtratamientos e interacciones. Los promedios generales fueron 12,8 y 14,0 % y los coeficientes de variación de 14,92 y 15,91 %, respectivamente.

En las evaluaciones realizadas a los 60 y 75 días, en los tratamientos se observó que la variedad Iniap 15 presentó mayor porcentaje de severidad, en tanto que Iniap 14 mostró menores promedios. En subtratamientos, la semilla sin tratar detectó mayor porcentaje de severidad, estadísticamente superior a los demás subtratamientos, siendo el menor promedio para la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas. En las interacciones, la siembra de Iniap 15, sin tratamiento alcanzó mayores promedios en cuanto a la severidad, estadísticamente superiores al resto de interacciones, cuyo menor promedio fue para la variedad Iniap 14 con semilla tratada (Vitavax).

Tabla 3. Porcentaje de incidencia del Añublo del arroz (*R. solani*) a los 60 y 75 días después del trasplante, en el ensayo: Determinación de las principales enfermedades del arroz y grado de incidencia.

Tratamientos		Subtratamientos		Porcentaje de		
		incidencia de <i>Rhizoctonia solani</i>				
Variedades						
de arroz						
Iniap 14			7,4 ^{ns}	9,6	^{ns}	
Iniap 15			6,7	8,4		
	Semilla sin tratar (Testigo)		10,4 a	16,3	a	
	Semilla tratada (Vitavax)		8,3 b	10,0	b	
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de		6,8 c	6,9	c	
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar		2,7 d	2,9	d	
	de fungicidas					
	Semilla sin tratar (Testigo)		10,1	ab	16,9	a
	Semilla tratada (Vitavax)		8,7	bc	10,4	b
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de		7,6	cd	7,9	bc
Iniap 14	fungicidas					
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar		3,4	e	3,2	d
	de fungicidas					
	Semilla sin tratar (Testigo)		10,7	a	15,6	a
Iniap 15	Semilla tratada (Vitavax)		7,9	cd	9,5	bc
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de		6,0	d	5,8	cd
	fungicidas					
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar		2,0	e	2,6	d
de fungicidas						
Promedio general			7,0		9,0	
			ns		ns	
Significancia estadística			Subtratamiento Interacción			
			**		**	
			**		**	
Coeficiente de variación (%)			9.27		15.54	

Tabla 4. Porcentaje de severidad del Añublo del arroz (*R. solani*) a los 60 y 75 días después del trasplante, en el ensayo: Determinación de las principales enfermedades del arroz y grado de incidencia

Tratamientos	Subtratamientos	Porcentaje de severidad de <i>Rhizoctonia solani</i>	
		60 ddt	75 ddt
Variedades de arroz	Manejo		
Iniap 14		11,8 ^{ns}	13,1 ^{ns}
Iniap 15		13,8	14,8
	Semilla sin tratar (Testigo)	30,7 a	32,0 a
	Semilla tratada (Vitavax)	11,5 b	13,1 b
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	7,3 c	8,4 c
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	1,9 d	2,3 d
Iniap 14	Semilla sin tratar (Testigo)	27,0 b	28,6 b
	Semilla tratada (Vitavax)	11,0 c	12,8 c
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	7,5 cd	8,6 cd
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	1,8 e	2,4 d
	Semilla sin tratar (Testigo)	34,3 a	35,5 a
Iniap 15	Semilla tratada (Vitavax)	11,9 c	13,4 c
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	7,1 cde	8,2 cd
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	1,9 de	2,1 d
Promedio general		12,8	14,0
	Tratamiento	ns	Ns
Significancia estadística	Subtratamiento Interacción	**	**
		**	**
Coeficiente de variación (%)		14,92	15,91

Los promedios de porcentaje de incidencia de Pudrición de la vaina (*S. oryzae*) a los 60 y 75 días después del trasplante, indican que el análisis de varianza no reportó diferencias significativas para tratamientos y diferencias altamente significativas para subtratamientos e interacciones. Los promedios generales fueron 6,4 y 6,9 % y los coeficientes de variación 11,91 y 11,53 %, respectivamente (Tabla 5).

Para tratamientos, en la evaluación realizada a los 60 días, la variedad Iniap 14 presentó 6,9 % de incidencia e Iniap 15 mostró 5,9 %. En subtratamientos, la semilla sin tratar detectó mayor promedio (9,1 % de incidencia), estadísticamente superior a los demás subtratamientos, cuyo menor promedio fue para la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas (3,1 %). En las interacciones, la semilla de Iniap 15, sin aplicación de fungicidas sobresalió (9,7 % de incidencia), estadísticamente igual a la variedad Iniap 14 con semilla sin tratar y semilla tratada (Vitavax) y superiores estadísticamente a las demás interacciones, siendo el menor valor para la variedad Iniap 15 tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas (1,7 %).

A los 75 días después del trasplante, la variedad Iniap 14 reportó 7,3 % de incidencia mientras que Iniap 15 mostró 6,5 %. En subtratamientos, la semilla sin tratar sobresalió con 9,7 % de incidencia, estadísticamente superior a los demás subtratamientos, siendo el menor valor para la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas con 3,4 %. En las interacciones, la siembra de Iniap 15, sin aplicación de fungicidas, alcanzó 10,7 % de incidencia, estadísticamente igual a la variedad Iniap 14 sin tratamiento de fungicidas y superiores estadísticamente a las demás interacciones, siendo el menor valor para la variedad Iniap 15 cuya semilla fue tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas con 2,0 % de incidencia.

Tabla 5. Porcentaje de incidencia de Pudrición de la vaina (*S. oryzae*) a los 60 y 75 días después del trasplante, en el ensayo: Determinación de las principales enfermedades del arroz y grado de incidencia.

Tratamientos	Subtratamientos	Porcentaje de incidencia de <i>Sarocladium</i>	
		60 ddt	75 ddt
Variedades de arroz	Manejo		
Iniap 14		6,9 ^{ns}	7,3 ^{ns}
Iniap 15		5,9	6,5
	Semilla sin tratar (Testigo)	9,1 a	9,7 a
	Semilla tratada (Vitavax)	7,1 b	7,5 b
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	6,3 b	6,9 b
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	3,1 c	3,4 c
Iniap 14	Semilla sin tratar (Testigo)	8,4 ab	8,7 ab
	Semilla tratada (Vitavax)	7,6 abc	7,9 bc
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	6,8 bc	7,5 bc
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	4,6 d	4,9 d
Iniap 15	Semilla sin tratar (Testigo)	9,7 a	10,7 a
	Semilla tratada (Vitavax)	6,6 bcd	7,1 bcd
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	5,7cd	6,2 c
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	1,7 e	2,0 e
Promedio general		6,4	6,9
Significancia estadística	Tratamiento	ns	Ns
	Subtratamiento	**	**
	Interacción	**	**
Coeficiente de variación (%)		11,91	11,53

El porcentaje de severidad de Pudrición de la vaina (*S. oryzae*) a los 60 y 75 días después del trasplante se registran en la Tabla 6. El análisis de varianza no consiguió diferencias

significativas para tratamientos y logró diferencias altamente significativas para subtratamientos e interacciones. Los promedios generales fueron 15,3 y 16,5 % y los coeficientes de variación de 13,89 y 10,69 %, respectivamente.

A los 60, en los tratamientos se presentó que la variedad Iniap 15 registró mayor porcentaje de severidad (16,2 %) y la variedad Iniap 14 detectó menor promedio (14,3 %). En subtratamientos, la semilla sin tratar mostró mayor porcentaje de severidad (36,2 %), estadísticamente superior a los demás subtratamientos, siendo el menor promedio (1,4 %) para la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas. En las interacciones, la siembra de Iniap 15, sin aplicación de fungicidas obtuvo mayor promedio en cuanto a la severidad (36,7 %), estadísticamente igual a la variedad Iniap 14 con semilla sin tratar y superiores al resto de interacciones, cuyo menor promedio fue para la variedad Iniap 14 con semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas (1,3 %).

En la evaluación efectuada a los 75 días, en los tratamientos se detectó que la variedad Iniap 15 predominó con mayor porcentaje de severidad (17,1 %) e Iniap 14 logró menor promedio (15,9 %). En subtratamientos, la semilla sin tratar registró mayor porcentaje de severidad (38,2 %), estadísticamente superior a los demás subtratamientos, siendo el menor valor para la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas (1,8 %). En las interacciones, la siembra de Iniap 14, sin aplicación de fungicidas sobresalió en su promedio (38,7 %), estadísticamente igual a la variedad Iniap 15 con semilla sin tratar y superiores estadísticamente al resto de interacciones. El menor valor fue para la variedad Iniap 15 con semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas (1,6 %).

Tabla 6. Porcentaje de severidad de Pudrición de la vaina (*S. oryzae*) a los 60 y 75 días después del trasplante, en el ensayo: Determinación de las principales enfermedades del arroz y grado de incidencia.

Tratamientos		Subtratamientos		Porcentaje de severidad de	
<i>Sarocladium</i>					
Variedades					
de arroz	Manejo	60 ddt	75 ddt		
Iniap 14				14,3 ^{ns}	15,9 ^{ns}
Iniap 15				16,2	17,1
Iniap 14	Semilla sin tratar (Testigo)			36,2 a	38,2 a
	Semilla tratada (Vitavax)			15,4 b	16,9 b
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas			8,2 c	9,1 c
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicida			1,4 d	1,8 d
	Semilla sin tratar (Testigo)			35,7a	38,7 a
	Semilla tratada (Vitavax)			13,3 bc	15,1 bc
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas			7,0 de	8,3 d
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar			1,3 e	1,6 e
	Semilla sin tratar (Testigo)			36,7 a	37,7 a
	Semilla tratada (Vitavax)			17,5 b	18,7 b
Iniap 15	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas			9,3 cd	10,0 cd
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas			1,4 e	2,0 e
Promedio general				15,3	16,5
Significancia estadística	Tratamiento			ns	ns
	Subtratamiento			**	**
	Interacción			**	**
Coeficiente de variación (%)				13,89	10,69

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.
Ns: no significativo **: altamente significativo

Los valores de porcentaje de incidencia de Helminthosporiosis (*H. oryzae*) a los 60 y 75 días después del trasplante se observan en la Tabla 7; indican que el análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas para tratamientos, subtratamientos e interacciones. Los promedios generales fueron 9,0 y 10,4 % y los coeficientes de variación 11,95 y 13,13 %, respectivamente.

Para tratamientos, en la evaluación realizada a los 60 días, la variedad Iniap 14 presentó 11,2 % de incidencia e Iniap 15 mostró 6,7 %. En subtratamientos, la semilla sin tratar detectó mayor promedio (17,9 % de incidencia), estadísticamente superior a los demás subtratamientos, cuyo menor promedio fue para la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas (3,5 %). En las interacciones, la semilla Iniap 14, sin aplicación de fungicidas sobresalió (25,0 % de incidencia), estadísticamente superiores a las demás interacciones, siendo el menor valor para la variedad Iniap 15 tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas (2,3 %).

A los 75 días después del trasplante, la variedad Iniap 14 reportó 12,1 % de incidencia mientras que Iniap 15 mostró 8,7 %. En subtratamientos, la semilla sin tratar sobresalió con 22,1 % de incidencia, estadísticamente superior a los demás subtratamientos, siendo el menor valor para la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas con 3,7 %. En las interacciones, la siembra de Iniap 14, sin aplicación de fungicidas, alcanzó 27,6 % de incidencia, estadísticamente superiores a las demás interacciones, siendo el menor valor para la variedad Iniap 15 cuya semilla fue tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas con 2,5 % de incidencia.

Tabla 7. Porcentaje de incidencia de Helminthosporiosis (*H. oryzae*) a los 60 y 75 días después del trasplante, en el ensayo: Determinación de las principales enfermedades del arroz y grado de incidencia.

Tratamientos <i>Helminthosporium oryzae</i>		Subtratamientos Porcentaje de incidencia de	
Variedades de arroz	Manejo	60 ddt	
75 ddt			
	Iniap 14	11,2 a	12,1 a
	Iniap 15	6,7 b	8,7 b
	Semilla sin tratar (Testigo)	17,9 a	22,1 a
	Semilla tratada (Vitavax)	8,0 b	8,6
b	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	6,6 b	7,2 b
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	3,5 c	3,7 c
	Semilla sin tratar (Testigo)	25,0 a	27,6 a
	Semilla tratada (Vitavax)	8,1 bc	8,5 c
Iniap 14	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	7,1 cd	7,5 c
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	4,7 de	4,9 cd
	Semilla sin tratar (Testigo)	10,7 b	16,6 b
	Semilla tratada (Vitavax)	7,9 bcd	8,8 c
Iniap 15	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	6,0 cd	6,8 c
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	2,3 e	2,5 d
Promedio general		9,0	10,4
	Tratamiento	**	**
Significancia estadística	Subtratamiento Interacción	**	**
		**	**
Coeficiente de variación (%)		11,95	13,13

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

** : altamente significativo

En el porcentaje de severidad de Helminthosporiosis (*H. oryzae*) a los 60 y 75 días después del trasplante, el análisis de varianza consiguió diferencias altamente significativas para tratamientos, subtratamientos e interacciones. Los promedios generales fueron 14,4 y 15,1 % y los coeficientes de variación 10,50 y 10,20 %, respectivamente (Tabla 8).

A los 60, en los tratamientos se observó que la variedad Iniap 14 logró mayor porcentaje de severidad con 15,6 % y la variedad Iniap 15 registró menor promedio con 13,1 %. En subtratamientos, la semilla sin tratar presentó mayor porcentaje de severidad con 31,3 %, estadísticamente superior a los demás subtratamientos, cuyo menor valor fue para la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas con 2,0 %. En las interacciones, la siembra de Iniap 14, sin aplicación de fungicidas reportó mayor promedio con 34,9 %, estadísticamente superiores al resto de interacciones, cuyo menor promedio fue para la variedad Iniap 14 con semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas con 1,8 %. En la evaluación efectuada a los 75 días, en los tratamientos se observó que la variedad Iniap 14 predominó con 16,3 % de severidad e Iniap 15 mostró menor promedio con 13,8 %. En subtratamientos, la semilla sin tratar registró mayor severidad con 32,3 %, estadísticamente superior a los demás subtratamientos, siendo el menor valor para la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas con 2,2 %. En las interacciones, la siembra de Iniap 14, sin aplicación de fungicidas logró mayor promedio, con 35,8 %, estadísticamente superiores al resto de interacciones. El menor valor fue para la variedad Iniap 14 con semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas con 2,0 %.

Tabla 8. Porcentaje de severidad de Helminthosporiosis (*H. oryzae*) a los 60 y 75 días después del trasplante, en el ensayo: Determinación de las principales enfermedades del arroz y grado de incidencia.

Tratamientos		Subtratamientos	Porcentaje de severidad de <i>Helminthosporium oryzae</i>	
Variedades de arroz	Manejo		60 ddt	75 ddt
Iniap 14			15,6 a	16,3 a
Iniap 15			13,1 b	13,8 b
	Semilla sin tratar (Testigo)		31,3 a	32,3 a
	Semilla tratada (Vitavax)		15,8 b	16,5 b
	Semilla sin tratar + aplicación fungicidas	foliar de	8,4 c	9,3 c
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas		2,0 d	2,2 d
Iniap 14	Semilla sin tratar (Testigo)		34,9 a	35,8 a
	Semilla tratada (Vitavax)		17,8 c	18,5 c
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas		7,9 d	9,0 d
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas		1,8 e	2,0 e
	Semilla sin tratar (Testigo)		27,7 b	28,7 b
Iniap 15	Semilla tratada (Vitavax)		13,7 c	14,6 c
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas		8,8 d	9,5 d
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas		2,2 e	2,5 e
Promedio general			14,4	15,1
Significancia estadística			**	**
			**	**
			**	**
Coeficiente de variación (%)			10,50	10,20

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey. **: altamente significativo

En la Tabla 9, se presentan los valores promedios de porcentaje de incidencia de Quemazón (*P. oryzae*) a los 60 y 75 días después del trasplante, donde el análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas para tratamientos, subtratamientos e interacciones. Los promedios generales fueron 8,3 y 9,5 % y coeficiente de variación 11,13 y 12,97 %, respectivamente.

En la evaluación realizada a los 60 días, en tratamientos, se observa que la variedad Iniap 14 obtuvo 10,6 % de incidencia mientras que Iniap 15 reflejó 6,1 %. En subtratamientos, la semilla sin tratar reportó mayor porcentaje de incidencia con 16,8 %, estadísticamente superior a los demás subtratamientos, siendo el menor promedio para la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas con 3,4 %. En las interacciones, la siembra de Iniap 14, sin aplicación de fungicidas alcanzó 23,6 % de incidencia, estadísticamente superiores a las demás interacciones, siendo el menor promedio para la variedad Iniap 15 cuya semilla fue tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas con 2,2 %.

A los 75 días después del trasplante, en tratamientos, la variedad Iniap 14 reportó 15,6 % de incidencia mientras que Iniap 15 mostró 7,4 %. En subtratamientos, la semilla sin tratar detectó mayor porcentaje de incidencia con 19,3 %, estadísticamente superior a los demás subtratamientos, siendo el menor valor para la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas con 4,0 %. En las interacciones, la siembra de Iniap 14, sin aplicación de fungicidas, obtuvo 25,3 % de incidencia, superiores estadísticamente a las demás interacciones, siendo el menor promedio para la variedad Iniap 15 cuya semilla fue tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas con 2,5 % de incidencia.

Tabla 9. Porcentaje de incidencia de Quemazón (*P. oryzae*) a los 60 y 75 días después del trasplante, en el ensayo: Determinación de las principales enfermedades del arroz y grado de incidencia.

Tratamientos		Subtratamientos	
Porcentaje de incidencia de		<i>Pyricularia grisea</i>	
Variedades de arroz Manejo		60 ddt	75 ddt
Iniap 14		10,6 a	11,5 a
Iniap 15		6,1 b	7,4 b
Semilla sin tratar (Testigo)			
16,8 a		19,3 a	
Semilla tratada (Vitavax)			
6,9 b		7,9 b	
Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas			
Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas		3,4 c	4,0 c
Iniap 14	Semilla sin tratar (Testigo)	23,6 a	25,3 a
	Semilla tratada (Vitavax)	7,1 c	8,0 c
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	7,0 c	7,2 c
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	4,7 cd	5,5 cd
	Semilla sin tratar (Testigo)	10,1 b	13,3 b
	Semilla tratada (Vitavax)	6,8 c	7,8 c
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	5,3 c	6,2 c
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	2,2 d	2,5 d
Promedio general		8,3	9,5
Significancia estadística	Tratamiento	**	**
	Subtratamiento	**	**
	Interacción	**	**
Coeficiente de variación (%)		11,13	12,97

6,1 b 6,7 El porcentaje de severidad de Quemazón (*P. oryzae*) a los 60 y 75 días después del trasplante se registran en el Tabla 10. El análisis de varianza no consiguió diferencias significativas para tratamientos y logró diferencias altamente significativas para subtratamientos e interacciones. Los promedios generales fueron 15,1 y 16,1 % y los coeficientes de variación de 17,70 y 17,88 %, respectivamente.

En las evaluaciones realizadas a los 60 y 75 días, en los tratamientos se observó que la variedad Iniap 14 presentó mayor porcentaje de severidad, en tanto que Iniap 15 alcanzó menores promedios. En subtratamientos, la semilla sin tratar detectó mayor porcentaje de severidad, estadísticamente superior a los demás subtratamientos, siendo el menor promedio para la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas. En las interacciones, la siembra de Iniap 14, sin aplicación de fungicidas obtuvo mayores promedios, estadísticamente igual a la siembra de Iniap 15 sin aplicación de fungicidas y superiores al resto de interacciones, cuyo menor promedio fue para la variedad Iniap 15 con semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas.

En la Tabla 11, se indica la eficacia de los fungicidas a los 60 días después del trasplante. El análisis de varianza, para tratamientos, subtratamientos e interacciones reportó diferencias altamente significativas frente al ataque de Añublo del arroz (*R. solani*), Helminthosporiosis (*H. oryzae*) y Quemazón (*P. oryzae*); mientras que en la Pudrición de la vaina (*S. oryzae*) no se presentaron diferencias significativas en tratamientos y diferencias altamente significativas para subtratamientos e interacciones.

Los promedios generales fueron 42,8; 37,9; 61,4 y 63,1 % y los coeficientes e variación 16,89; 20,79; 7,14 y 7,08 % para Añublo del arroz (*R. solani*), Pudrición de la vaina (*S. oryzae*), Helminthosporiosis (*H. oryzae*) y Quemazón (*P. oryzae*), respectivamente.

Para Añublo del arroz (*R. solani*), la variedad Iniap 15 presentó mayor valor (50,5 % de eficacia), superior estadísticamente a Iniap 14 (35,0 %). En subtratamientos, la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas detectó mayor promedio (73,8 % de eficacia), estadísticamente superior a los demás subtratamientos, cuyo menor promedio fue para la semilla tratada (Vitavax) (20,0 %). En las interacciones, la semilla Iniap 15 tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas reflejó mayor eficacia (81,3 %), estadísticamente igual a Iniap 14 con semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas y superiores estadísticamente a las demás interacciones, siendo el menor valor para la variedad Iniap 14 con semilla tratada (Vitavax) (13,9 %).

En Pudrición de la vaina (*S. oryzae*), la variedad Iniap 15 reportó 51,4 % de eficacia de los

fungicidas, mientras que Iniap 14 mostró 24,4 %. En subtratamientos, la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas sobresalió con 63,8 %, estadísticamente superior a los demás subtratamientos, siendo el menor valor para la semilla tratada (Vitavax) con 20,4 %. En las interacciones, la siembra de Iniap 15, con la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas alcanzó 82,3 % de eficacia, estadísticamente superiores a las demás interacciones, siendo el menor valor para la variedad Iniap 14 cuya semilla fue tratada (Vitavax) con 9,1 % de eficacia.

En la evaluación realizada a Helminthosporiosis (*H. oryzae*), en tratamientos, se observa que la variedad Iniap 14 obtuvo 73,3 % de eficacia mientras que Iniap 15 reflejó 49,5 %. En subtratamientos, la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas reportó mayor eficacia con 79,7 %, estadísticamente superior a los demás subtratamientos, siendo el menor promedio para la semilla tratada (Vitavax) con 46,9 %. En las interacciones, la siembra de Iniap 14, con semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas alcanzó 80,9 % de eficacia, estadísticamente igual a la variedad Iniap 14 con semilla tratada con fungicidas e Iniap 15 con semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas y superiores a las demás interacciones, siendo el menor promedio para la variedad Iniap 15 cuya semilla fue tratada (Vitavax) con 26,1 %.

En la evaluación efectuada a la enfermedad Quemazón (*P. oryzae*), a los 60 días después del trasplante, en tratamientos, la variedad Iniap 14 reportó 73,3 % de eficacia, superior estadísticamente a Iniap 15 con 52,9 %. En subtratamientos, la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas detectó mayor eficacia con 79,3 %, estadísticamente superior a los demás subtratamientos, siendo el menor valor para la semilla tratada (Vitavax) con 51,2 %. En las interacciones, la siembra de Iniap 14, con la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas obtuvo 79,8 % de eficacia, igual estadísticamente a Iniap 14 con semilla tratada (Vitavax) y semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas e Iniap 15 con semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas y superiores estadísticamente a las demás interacciones, siendo el menor valor para Iniap 15 cuando se aplicó semilla tratada (Vitavax) con 32,6 % de eficacia.

Tabla 10. Porcentaje de severidad de Quemazón (*P. oryzae*) a los 60 y 75 días después del trasplante, en el ensayo: Determinación de las principales enfermedades del arroz y grado de incidencia.

Tratamientos	Subtratamientos	Porcentaje de severidad de <i>Pyricularia grisea</i>	
		60 ddt	75 ddt
Variedades de arroz	Manejo		
Iniap 14		15,9ns	17,0ns
Iniap 15		14,2	15,1
Iniap 14	Semilla sin tratar (Testigo)	34,7 a	35,7 a
	Semilla tratada (Vitavax)	15,6 b	16,5 b
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	8,3 c	9,4 c
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	1,7 d	2,7 d
Iniap 15	Semilla sin tratar (Testigo)	38,5 a	39,8 a
	Semilla tratada (Vitavax)	15,6 b	16,5 b
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	8,0 bc	9,3 bc
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	1,6 c	2,6 c
	Semilla sin tratar (Testigo)	30,9 a	31,7 a
	Semilla tratada (Vitavax)	15,6 b	16,4 b
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	8,6 bc	9,4 bc
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	1,7 c	2,8 c
Promedio general		14,4	15,1
	Tratamiento	**	**
Significancia estadística	Subtratamiento	**	**

	Interacción	**	**
Coeficiente de variación (%)		10,50	10,50

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

** : altamente significativo **Tabla 11.** Eficacia de los fungicidas a los 60 días después del trasplante, en el ensayo: Determinación de las principales enfermedades del arroz y grado de incidencia.

Tratamientos		Subtratamientos			
Variedades de arroz		Eficacia de los fungicidas (%)			
		<i>solani</i>	<i>oryzae</i>	<i>oryzae</i>	<i>oryzae</i>
Iniap 14	<i>Rhizoctonia</i>	35,0 b	24,4 ^{ns}	73,3 a	73,3 a
Iniap 15		50,5 a	51,4	49,5 b	52,9 b
Semilla sin tratar (Testigo)		-----	-----	-----	-----
Semilla tratada (Vitavax)		20,0 c	20,4 b	46,9 c	51,2 c
Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas		34,4 b	29,4 b	57,7 b	58,8 b
Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas		73,8 a	63,8 a	79,7 a	79,3 a
Semilla sin tratar (Testigo)		-----	-----	-----	-----
Semilla tratada (Vitavax)		13,9 c	9,1 d	67,7 b	69,8 a
Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas		24,8 bc	18,7 cd	71,4 ab	70,3 a
Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas		66,3 a	45,3 b	80,9 a	79,8 a
Semilla sin tratar (Testigo)		-----	-----	-----	-----
Semilla tratada (Vitavax)		26,1 bc	31,6 bcd	26,1 d	32,6 c
Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas		44,1 b	40,2 bc	44,1 c	47,3 b
Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas		81,3 a	82,3 a	78,5 ab	78,7 a
Promedio general Tratamiento **		42,8	37,9	61,4	63,1
Significancia Subtratamiento **			ns	**	**
Interacción			**	**	**
** estadística					
Coeficiente de variación (%)		20,79		7,14	7,08
16,89					

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey. ^{ns}: no significativo **: altamente significativo

Los promedios de la variable número de macollos /m² determinan que el análisis de varianza no detectó diferencias significativas para tratamientos, subtratamientos e interacciones. El promedio general fue 565 macollos/m² y coeficiente de variación 4,55 % (Tabla 12).

En cuanto a tratamientos, la variedad Iniap 15 obtuvo 568 macollos/m² mientras que Iniap 14 presentó 563 macollos/m². En subtratamientos, la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas reportó 583 macollos/m² y la semilla sin tratar 546 macollos/m². En las interacciones, la siembra de Iniap 15, con semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas alcanzó 587 macollos/m² y la variedad Iniap 14 cuya semilla fue sin tratar logró 539 macollos/m².

En la variable número de panículas/m², en los tratamientos, la variedad Iniap 15 alcanzó mayor promedio (414 panículas/m²) e Iniap 14 presentó menor valor (412 panículas/m²). En subtratamientos, la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas sobresalió (428 panículas/m²) y la semilla sin tratar consiguió menor promedio (396 panículas/m²). En las interacciones, la siembra de Iniap 15, con semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas consiguió el mayor promedio (435 panículas/m²) y la variedad Iniap 15 cuya semilla fue sin tratamiento de fungicidas reportó menor valor (391 panículas/m²).

El análisis de varianza no reportó diferencias significativas para tratamientos, subtratamientos e interacciones, el promedio general fue 413 panículas/m² y coeficiente de variación 8,34 %, según se observa en la Tabla 12.

Tabla 12. Número de macollos y panículas/m² a la cosecha, en el ensayo:
Determinación de las principales enfermedades del arroz y grado de
incidencia.

Tratamientos	Subtratamientos	Número de macollos/m ²	Número de panículas/m ²
	Manejo		
Variedades de arroz			
Iniap 14		563 ^{ns}	412 ^{ns}
Iniap 15		568	414
	Semilla sin tratar (Testigo)	546 ^{ns}	396 ^{ns}
	Semilla tratada (Vitavax)	562	411
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	570	416
Iniap 14	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	583	428
	Semilla sin tratar (Testigo)	539 ^{ns}	401 ^{ns}
	Semilla tratada (Vitavax)	560	410
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	575	415
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	578	421
Iniap 15	Semilla sin tratar (Testigo)	553	391
	Semilla tratada (Vitavax)	564	411
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	565	417
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	587	435
Promedio general		565	413

	Tratamiento	ns	ns
Significancia estadística	Subtratamiento	ns	ns
	Interacción	ns	ns
Coeficiente de variación (%)		4,55	8,34

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey. **: altamente significativo.

Los valores de granos por panícula indican que el análisis de varianza no alcanzó diferencias significativas para tratamientos, subtratamientos e interacciones. El promedio general fue 72 granos/panícula y coeficiente de variación 8,35 % (Tabla 13). En cuanto a tratamientos, la variedad Iniap 14 y 15 alcanzaron 72 granos/panícula. En subtratamientos, la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas registró 78 granos/panícula y la semilla sin tratar 68 granos/panícula. En las interacciones, la siembra de Iniap 15, con semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas alcanzó 78 granos/panícula y la variedad Iniap 15 cuya semilla fue sin tratamiento de fungicidas logró 67 granos/panícula.

En el peso de 1000 granos, en los tratamientos, la variedad Iniap 15 consiguió 27,3 g e Iniap 14 presentó 26,4 g. En subtratamientos, la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas sobresalió con 28,8 g, estadísticamente superior a los demás subtratamientos, siendo el menor promedio para la semilla sin tratar con 25,4 g. En las interacciones, la siembra de Iniap 15, con semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas alcanzó 30,0 g, estadísticamente igual a la variedad Iniap 14 con semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas e Iniap 15 cuya semilla fue tratada con fungicidas y superiores estadísticamente a las demás interacciones. El menor promedio lo reportó la variedad Iniap 14 cuya semilla fue sin tratar con 25,1 g. El análisis de varianza no mostró diferencias significativas para tratamientos y diferencias altamente significativas para subtratamientos e interacciones. El promedio general fue 26,9 g y coeficiente de variación 3,67 %, según se observa en la Tabla 13.

Los promedios de rendimiento se registran en la Tabla 14. El análisis de varianza no detectó diferencias significativas para tratamientos y diferencias altamente significativas para subtratamientos e interacciones. El promedio general fue 3167,5 kg/ha y coeficiente de variación 12,21 %. En los tratamientos, la variedad Iniap 15 presentó 3291,3 kg/ha e Iniap 14 obtuvo 3043,7 kg/ha. En subtratamientos, la semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar

de fungicidas sobresalió con 3880,0 kg/ha, estadísticamente superior a los demás subtratamientos, siendo el menor promedio para la semilla sin tratar con 2655,2 kg/ha. En las interacciones, la siembra de Iniap 14, con semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas alcanzó 3888,0 kg/ha, estadísticamente igual a la variedad Iniap 14 con semilla tratada con fungicidas e Iniap 15 cuya semilla fue tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas y semilla con fungicidas y superiores estadísticamente a las demás interacciones. El menor promedio lo reportó la variedad Iniap 14 cuya semilla fue sin tratar con 2642,8 kg/ha.

Tabla 13. Granos por panícula y peso de 1000 granos, en el ensayo: Determinación de las principales enfermedades del arroz y grado de incidencia.

Tratamientos		Subtratamientos	
Granos por Peso de			
Variedades de arroz Manejo panícula 1000			
		granos (g)	
Iniap 14		72 ^{ns}	
		26,4 ^{ns}	
Iniap 15		72	
		27,3	
	Semilla sin tratar (Testigo)	68 ^{ns}	
		25,4	b
	Semilla tratada (Vitavax)	71	
		26,3	b
	Semilla sin tratar +aplicación foliar de fungicidas		
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	72	26,9 b
78	28,8 a		
	Semilla sin tratar (Testigo)	68 ^{ns}	25,1 b
	Semilla tratada (Vitavax)	71	26,3 b
	Semilla sin tratar +aplicación foliar de fungicidas	72	26,6 b
Iniap 14	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	77	27,7 ab
	Semilla sin tratar (Testigo)	67	25,7 b
	Semilla tratada (Vitavax)	71	26,4 b
	Semilla sin tratar +aplicación foliar de fungicidas	73	27,3 ab

pág. 175

Iniap 15	fungicidas		
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	78	30,0 a
Promedio general		72	26,9
	Tratamiento	ns	ns
Significancia estadística	Subtratamiento Interacción	ns	**
		ns	**
Coeficiente de variación (%)		8,3	3,6
		5	7

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey. Ns: no significativo. **: altamente significativo

Tabla 14. Rendimiento kg/ha, en el ensayo: Determinación de las principales enfermedades del arroz y grado de incidencia.

Tratamientos		Subtratamientos
Variedadesde arroz kg/ha	Manejo	Rendimiento
Iniap 14		3043,7 ^{ns}
Iniap 15		3291,3
	Semilla sin tratar (Testigo)	2655,2 b
	Semilla tratada (Vitavax)	2996,2 b
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	3138,5 b
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	3880,0 a
	Semilla sin tratar (Testigo)	2642,8 b

Iniap 14	Semilla tratada (Vitavax)	2713,4 b
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	2930,7 ab
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	3888,0 a
Iniap 15	Semilla sin tratar (Testigo)	2667,7 b
	Semilla tratada (Vitavax)	3279,0 ab
	Semilla sin tratar + aplicación foliar de fungicidas	3346,3 ab
	Semilla tratada (Vitavax) + aplicación foliar de fungicidas	3872,1 a
Promedio general		3167,5
Tratamiento		ns
Significancia estadística	Subtratamiento	**
	Interacción	**
Coeficiente de variación (%)		12,21

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey. Ns: no significativo. **: altamente significativo

Conclusiones

Se presentaron varias enfermedades durante el desarrollo del cultivo de arroz en la zona de Montalvo, ya que Quintana (2018), divulga que el arroz puede ser afectado por enfermedades desde la germinación hasta la madurez del mismo, las cuales pueden incidir en el rendimiento y/o calidad de la producción. La intensidad de las enfermedades puede variar cada año y de un cultivo a otro, dependiendo de las condiciones ambientales, de la susceptibilidad de las variedades y de las condiciones climáticas que se presentan en el ciclo del cultivo.

En el proceso de identificación de enfermedades, se detectó la presencia de Añublo del arroz (*R. solani*), Pudrición de la vaina (*S. oryzae*), Helminthosporiosis (*H. oryzae*) y Quemazón

(*P. oryzae*), considerándolas como las más importantes en las variedades sembradas y en zonas de la incidencia, tal como indica García (2017), que debido a que las enfermedades pueden ocasionar daños severos en una plantación de arroz, es importante, que el productor sepa identificar y efectúe un monitoreo frecuente en su plantación para detectar los síntomas iniciales de la presencia de enfermedades, para proceder a tomar medidas de control o prevención.

Durante el desarrollo del cultivo, obtuvo mayor incidencia la enfermedad de la Helminthosporiosis (*H. oryzae*), pues señala Salazar Santiago (2019), que *H. oryzae* es un patógeno que causa muchos problemas en el cultivo del arroz. Su severidad está frecuentemente relacionada con la variedad y con una nutrición deficiente. En la hoja, las lesiones iniciales son puntos o manchitas circulares de 0,5 mm de color café; parecido a las lesiones iniciales de *Piricularia* o Quemazón. La lesión desarrollada alcanza 2 mm de ancho y de 0,5 a 6 mm de largo, es de conformación ovoide con el centro color blanco grisáceo y el borde color café rodeado por un halo amarillento. Las lesiones foliares se distribuyen uniformemente en la lámina foliar. A partir de la etapa de floración, la hoja bandera es la más afectada. En las glumas del grano produce manchas ovaladas de color café oscuras que pueden confundirse con lesiones debidas a chinches, llegando a cubrir de una capa de estructuras del hongo que le dan una apariencia aterciopelada. La calidad y el peso del grano son afectados por esta enfermedad criptogámica. El control constituye factores importantes entre los que se destacan la selección de suelos con alta fertilidad; uso de semilla certificada; fertilización equilibrada de N, P, K, Mn, Zn; combate eficiente de insectos en la panícula, principalmente chinches; uso de variedades resistentes y la protección de la plantación con fungicidas durante la etapa de floración.

Los productos químicos controlaron eficazmente las enfermedades presentes, por lo que Álvarez Reto (2018), indica que la utilización de productos fitosanitarios permite aumentar la rentabilidad de los cultivos mediante el control de enfermedades y plagas causadas por organismos parásitos (nematodos, hongos, bacterias, virus y fitoplasmas).

Bibliografía

Agrios, G. (2018). *Fitopatología*. 2º Ed. Editorial Limusa, Méx. Pags. 32, 292.

Álvarez Reto, J. (2021). *Monitoreo de enfermedades fúngicas en el cultivo de arroz en el km 14 cantón Naranjal trabajo no experimental* (Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador).

<https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/alvarez%20reto%20jomaira%20alejandra%20bajo.pdf>

- Álvarez, E.; Zamora, N. y Jiménez, M. (2018). Comportamiento de variedades de arroz frente a *Pyricularia grisea* (Sacc.) en la provincia Granma. *Revista Investigación Agrícola*, 20(3), 85-97. [http://www.actaf.co.cu/revistas/revista-grano/Revista%20en%20PDF%20\(Vol%203%20No%202\)/Trabajo4.pdf](http://www.actaf.co.cu/revistas/revista-grano/Revista%20en%20PDF%20(Vol%203%20No%202)/Trabajo4.pdf)
- Aguilar Ancota, R., Maldonado, A., Zapata, Y., More, M., Galecio, M., Namó, P. (2017). Etiología de la enfermedad de pudrición de vaina y tallo en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) var. Nir. 1, fundo Mambré, valle del Chira, Piura-Perú. *Revista de Investigación Científica Manglar*, 14(1), 31-38. <file:///C:/Users/hp/Downloads/68-424-1-PB.pdf>
- Certis, D. (2018). *Cultivo de arroz: plagas y enfermedades más importantes* (Archivo PDF). <http://www.certisagrosostenible.es/cultivo-de-arroz-plagas-y-enfermedades>
- Campoverde, J. (2016). *Principales enfermedades que afectan el cultivo del arroz (Oryza sativa L.), en la zona de Arenillas, provincia de El Oro* (Componente práctico de Trabajo Complexivo, Universidad Técnica de Machala). <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7616>
- Cárdenas, L. (2018). *Incidencias del manchado del grano en Ecuador*. España: 2da. Ed. Cervantes.
- Esparza Abad, M. (2019). *Tolerancia de cultivares de arroz (Oryza sativa L.), al complejo del manchado de grano en la época lluviosa en la zona de Babahoyo* (Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador). <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5448/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000148.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Franquet, J. (2017). *Economía del Arroz: Variedades y Mejora* (Archivo PDF). <http://www.eumed.net/libros-gratis/2006a/fbbp/1e.htm>
- García, A. (2017). *Cultivo de arroz. Enfermedades* (Archivo PDF). <http://cultivodearrozoryzasativa.blogspot.com/2012/08/enfermedades.html>
- Gutiérrez, S., Cúndom, M. (2018). *Guía para la Identificación de Enfermedades del Cultivo del Arroz (Oryza sativa L.)* (Archivo PDF). http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Paginas/Guia_de_enfermedades.pdf

- Garrido Rondoy, M., Vilela Severino, N. (2019). Capacidad antagónica de *Trichoderma harzianum* frente a *Rhizoctonia*, *Nakatea sigmoidea* y *Sclerotium rolfsii* y su efecto en cepas nativas de *Trichoderma* aisladas de cultivos de arroz. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 199-206. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2019.02.05
- Intriago, M., García, B., Peláez, G., Estupiñán, I. y Villao, F. (2018). Principales enfermedades del arroz en el Ecuador y su manejo. *Revista Agroproductiva*, 8(4), 45-69. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2015/SB_191_R5_U583_Vol.3.pdf
- Masapanta Cholo, R. (2016). *Fungicidas químicos para el manejo de síntomas de vaneamiento y manchado de grano en el cultivo de arroz (Oriza sativa L.)* (Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador). <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1890/1/T-UTEQ-0040.pdf>
- Ulacio, D., Nass, H., Pineda, J. (2019). Viabilidad de *Rhizoctonia solani* AG1-IA bajo condiciones de inundación. *Revista Fitopatología*, 15(8), 74-89. <https://www.redalyc.org/pdf/857/85712101.pdf>
- Orrala Coello, K. (2021). *Efecto de fungicidas para el manejo del manchado del grano de arroz (Oryza sativa L.)* (Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Ecuador). <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/53158/1/Orrala%20Coello%20Kerly%20Valeria.pdf>
- Pérez, H., Rodríguez, I., García, R. (2018). Principales enfermedades que afectan al cultivo del arroz en Ecuador y alternativas para su control. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 16-27. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/160>
- Quintana, L. (2018). *Manejo de enfermedades del arroz* (Archivo PDF). http://www.portalguarani.com/3180_lidia_quintana_de_viedma/24243_manejo_de_enfermedades_del_arroz_ing_agronoma_lidia_quintana_de_viedma.html
- Regato, R. (2016). *Efecto de Biohealth (cepas de Trichoderma harzianum y Bacillus subtilis) sobre enfermedades fungosas en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)* (Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Ecuador). <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/19622>
- Rodríguez Pedroso, A., Ramírez Arrebato, M., Falcón Rodríguez, A., Bautista Baños, S.,

- Ventura Zapata, E., Valle Fernández, Y. (2017). Efecto del Quitomax® en el rendimiento y sus componentes del cultivar de arroz (*Oryza sativa* L.) var. INCA LP 5. *Cultivos Tropicales*, 38(4), 156-159. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000400002&lng=es&tlng=pt.
- Suárez, C., Pico, J., Delgado, A. (21-23 de noviembre de 2018). *Determinación de Enfermedades Fúngicas de Arroz (Oryza sativa L.) en la Provincia de Orellana* (Ponencia). Primer Congreso Internacional Alternativas Tecnológicas para la Producción Agropecuaria Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana, Orellana, Ecuador.
- Salazar Santiago, M., Ortiz García, C., Otero Colina, C., Guzmán Plazola, R., Alatorre Rosas, R., Pérez Panduro, A. (2019). Hongos fitopatógenos en arroz (*Oryza sativa*) y su asociación con *Steneotarsonemus spinki* (ACARI: TARSONEMIDAE) en tabasco, México. *AGROCIENCIA*, 53, 757-764. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7019468>
- Tumbaco Plúas, Z. (2021). *Identificación de enfermedades durante el proceso productivo en diferentes variedades del cultivo de arroz (Oryza sativa L), cantón Nobol, provincia del Guayas* (Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Ecuador). <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/56343/1/Tumbaco%20Pl%20c3%baas%20Zulay%20Marian.pdf>
- Van Opstal, L., Ayala, Jorge., Asselborn, M., Pedraza, M. (2021). Evaluación de fungicidas para el manejo de la pudrición de la vaina en arroz (*Sarocladium oryzae*). *INTA DIGITAL*, 15(5), 1-8. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/10241#>
- Vivas Vivas, L., Intriago Mendoza, D. (3 de octubre de 2022). *INIAP. Manejo del cultivo de arroz, Repositorio Digital INIAP - Estación Experimental Litoral Sur*: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2009>

CAPÍTULO VI

Producción de pollos Broiler con vinagre en el agua de bebida

Lino Fabián Velasco Espinoza

Universidad Técnica de Babahoyo
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Carrera de Medicina Veterinaria

Joel Joshue Gaibor Baldeón

Médico Veterinario zootecnista

John Javier Arellano Gómez

Universidad Técnica de Babahoyo
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Carrera de Medicina Veterinaria

Ketty Beatriz Murillo Cano

Universidad Técnica de Babahoyo
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Carrera de Medicina Veterinaria

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo durante seis semanas (42 días, periodo para el proceso de engorde comercial de aves). Como material genético se utilizaron pollos de la línea Cobb 500. La unidad experimental constaba de un total de 28 unidades experimentales, distribuidas con 12 pollos de engorde por unidad experimental. Los tratamientos consistieron en tres tipos de vinagre (plátano, manzana y uva) a dosis de 12,0 y 16,0 cc/galón, más un control absoluto. Para el desarrollo de este trabajo se utilizó el Diseño Experimental Completamente Aleatorio (D.A.C.), en un arreglo factorial $3 \times 2 + 1$, con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Las comparaciones de las medias de los tratamientos se realizaron mediante la prueba de Tukey. Para estimar los efectos de los tratamientos, se evaluaron las variables de consumo de agua y pienso, ganancia de peso semanal, conversión alimenticia semanal, nivel de pH al final del experimento y relación coste-beneficio. A partir de los resultados obtenidos, se obtuvieron respuestas positivas en la evaluación de los parámetros productivos con dosis de vinagre de uva, plátano, manzana en el agua de bebida en pollos de engorde; el mayor consumo de agua se registró en los pollos de engorde que pertenecían al

control absoluto; el consumo de alimento registró medias más altas en el tratamiento que utilizó vinagre de uva con una dosis de 16,0 cc/galón; En cuanto a la ganancia de peso inicial, destacó el vinagre de uva a una dosis de 12,0 cc/galón, y de la segunda a la sexta semana, el tratamiento con vinagre de plátano a una dosis de 16,0 cc/galón alcanzó medias más altas; la conversión alimenticia media fue de 1,61 y el vinagre de plátano registró el nivel de pH más bajo en el duodeno, el yeyuno y el íleon.

Palabras claves: Vinagre de uva, vinagre de banano, vinagre de manzana, agua potable, pollos de engorde.

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos para autoconsumo y la generación de ingresos es la principal alternativa para promover la industria avícola; la carne de pollo es uno de los alimentos proteicos de mayor consumo a nivel mundial porque es nutritivos y económico para adquirirlo y paralelamente las personas que lo producen deben llevar a cabo el proceso de forma cuidadosa y con la higiene necesaria.

En el país existen 19595.058 unidades de pollos de engorde y en la provincia de Los Ríos 135751 unidades (INEC, 2012). El consumo de pollo en los hogares ecuatorianos ha crecido cinco veces más en los últimos 26 años. Mientras en 1990 cada persona consumía 7 kg al año, en el 2017 este indicador ya se ubicó en 38 kg (CONAVE, 2018).

Uno de los principales problemas que tiene la industria avícola es el uso indiscriminado de antibióticos para la prevención de enfermedades diarreicas, lo que se ha hecho imprescindible porque las condiciones para producir son precarias, especialmente las deficiencias higiénicas sanitarias y altas densidades de población a nivel de cuarteles Penz (2014).

Desde el decenio de 1940, en que se desarrollaron los antibióticos, los científicos han advertido de que su uso indebido termina provocando resistencia bacteriana y que el uso excesivo de antibióticos solo aumenta ese riesgo debido a que los microbios se adaptan de forma natural a su entorno. La amenaza actual de la extendida resistencia a los antimicrobianos (contra bacterias, parásitos y virus que causan infecciones y enfermedades) abre la perspectiva a un mundo sin antimicrobianos eficaces (OMS, 2016).

La mayoría de los promotores de crecimiento pertenecen al grupo de los antibióticos; cuando se utilizan en cantidades superiores de las utilizadas para controlar las enfermedades, muchos

antibióticos tienen propiedades promotoras de crecimiento. Esta acción la realizan bajo un mecanismo general que implica la disminución de la carga bacteriana a nivel intestinal por lo que la mucosa de este órgano se vuelve más permeable a nutrientes (Porcicultura, 2018).

Andrade *et al.* (2017) señalan que un proceso productivo exitoso de pollos de engorde depende de aspectos tan importantes como la genética, la salud, el manejo y la nutrición. Tomando importancia una buena elección de la raza o estirpe, siendo necesario utilizar polluelos de alta calidad genética y en buen estado sanitario. Todo el manejo adecuado se verá reflejado en una excelente producción y buenos rendimientos económicos, al permitir, de una parte, que la raza exprese todo su potencial y, de otra, reducir las tasas de morbilidad y mortalidad por efecto de las enfermedades.

Es importante saber que las líneas genéticas utilizadas en América Latina son de conformación, obteniendo la mayor acumulación de pechuga después de los 28 días de edad, logrando al final del ciclo productivo pollos con pechugas de pesos equivalentes a más del 30 % del peso corporal de 2.500 gramos en promedio (Andrade *et al.*, 2017).

Blajman *et al.* (2015) difunden que, a lo largo de los años, las condiciones de producción aviar han evolucionado y esto ha modificado la capacidad de resistencia natural de los pollos parrilleros. La crianza intensiva limita el contacto materno y utiliza nuevos métodos de alimentación y condiciones de hábitat artificiales. Asimismo, la utilización de animales más productivos y el incremento del uso de antibióticos favorecen las condiciones de estrés de las aves, incrementan las deficiencias en la composición de su microbiota intestinal, hacen más frecuentes los desórdenes digestivos y producen una menor resistencia natural a la colonización por microorganismos patógenos

Rodríguez (2017) manifiesta que los pollos de engorde son de gran importancia en cuanto al aporte alimenticio nutricional, no sólo a nivel nacional, sino que en el mundo entero. El cambio en la carne de los pollos de engorde se debe a la genética. En los últimos tiempos se ha dado que los pollos de engorde crezcan de manera más rápida y precipitada. Este rápido desarrollo óseo y muscular del pollo sucede por un equilibrio entre la sanidad, la genética, la nutrición y el manejo de los productores. Estos factores son específicamente los que se deben mantener sobre niveles ideales en la granja, para de esta forma llegar a lograr una mayor producción.

Dane (2015) expresa que un proceso productivo exitoso de pollos de engorde depende de aspectos tan importantes como la genética, la salud, el manejo y la nutrición. Por lo que se

deberá contar con una buena elección de la raza o estirpe, siendo necesario contar con polluelos de calidad genética y en buen estado sanitario. Es por eso que los polluelos de un día (1) de edad deben provenir de avícolas productoras de material genético.

Nunes *et al.* (2016) corroboran que la industria avícola optimiza constantemente la producción, para alcanzar mejores resultados económicos y producir alimentos más seguros. La inclusión de alimentos funcionales como los prebióticos mejoran el sistema inmune de los animales. Estos son responsables por mejorar las variables productivas, actúan contra agentes patógenos y medio ambientales como el estrés; además, de reaccionar eficientemente a los programas de vacunación y mejorar la digestibilidad de los nutrientes.

Rodríguez (2017) sostiene que para lograr la producción avícola ideal no se puede desatender en ningún momento al pollo, por eso es que desde el momento que llegan los pollitos a la granja se deben tener ya todo listo y en funcionamiento para su recepción, se necesita calcular con exactitud la cantidad suficiente de comedero y bebederos para recibir al animal. De esta manera se evita la guerra por el alimento, donde los decesos precipitados conforman una gran pérdida de producción y se evita desuniformidad en el lote.

Dane (2015) señala que se debe contar con un estricto control sanitario e implementación de buenas prácticas en el manejo de la explotación, mediante la disponibilidad de instalaciones bien diseñadas, construidas en los materiales adecuados y con los elementos y equipos necesarios. Así mismo, el suministro de alimentos debe cumplir con la calidad y las características apropiadas de acuerdo con la etapa de desarrollo de las aves y la disponibilidad de agua potable lo que se verá reflejado en una excelente producción y buenos rendimientos económicos, al permitir, de una parte, que la raza exprese todo su potencial y, de otra, reducir las tasas de morbilidad por efecto de las enfermedades.

De acuerdo a Rodríguez (2017), otro factor que se debe tener en cuenta, es contar con las criadoras o calentadores una vez ingresen los pollitos ya que el nivel de mortalidad por la carencia de dichas tecnologías es abrumadoramente alto. Una vez que el pollo ingresa y se amolde al hábitat ofrecido hay que tener presente que dicho hábitat a la vez debe ir amoldándose al tamaño del animal, agrandando el galpón cuando sea necesario para la correcta producción avícola.

Dane (2015) menciona que los pollos Cobb 500 son considerados los pollos de engorde más eficiente, poseen la más alta conversión alimenticia, la mejor tasa de crecimiento y viabilidad

en una alimentación de baja densidad y menos costo; esto le permite mayor ventaja competitiva por su costo más bajo por kilogramo de peso vivo

Chávez *et al.* (2016) sostienen que, en la actualidad, la industria de la nutrición animal se enfrenta a la prohibición de los antibióticos promotores de crecimiento (APC), el aditivo más eficaz con el que se cuenta para controlar diferentes tipos de infecciones entéricas. La prohibición en la Unión Europea (2006), y el retiro voluntario gradual de APC en alimentos a nivel mundial, ha supuesto una presión adicional a favor de mejorar la salud intestinal y el bienestar de los animales.

Hidalgo *et al.* (2014) definen que en la avicultura se utilizan los acidificantes desde 1981, antiguamente se recomendaban los ácidos cítrico o fumárico, en dosis de 4,5 %. No obstante, al utilizar estos aditivos los resultados en el comportamiento han sido variables. Con la restricción de los antibióticos como promotores han aumentado las investigaciones, así como la diversidad de aditivos.

Penz (2014) reporta que, al realizar investigaciones con pollos, encontró que el aumento de los niveles de restricción de agua (0, 10, 20, 30 y 40 %) causó una disminución lineal en el rendimiento, en el peso de los órganos y en la altura de las vellosidades del duodeno, haciendo que los animales fueran más agresivos e irritables.

Chiriboga *et al.* (2016) relatan que el empleo de antimicrobianos añadidos a los piensos y al agua en las labores agropecuarias para promover el crecimiento y aumentar la eficiencia alimentaria, es una práctica común no exenta de riesgos debido a que la exposición prolongada a bajas dosis de antimicrobianos puede dar origen a la aparición de resistencia al agente y el problema se agrava aún más, si se considera que cada vez son menos las barreras para la transferencia de genes de resistencia entre microorganismos patógenos.

Barrera *et al.* (2014) argumentan que el empleo de ácidos orgánicos en las aves está encaminado a mejorar el balance microbiano del Tracto Gastrointestinal (TGI), inhibir el crecimiento de bacterias dañinas, producir enzimas hidrolíticas para mejorar la utilización de los alimentos y como resultado final, mejorar los rendimientos productivos. El ácido acético y los probióticos han demostrado tener un beneficio en la salud intestinal, de hecho, mejoran la cantidad de células y en consecuencia, el número y tamaño de las vellosidades intestinales. Significa entonces que la utilización de productos de origen biológico para el desarrollo pecuario, busca cada vez más el beneficio ecológico debido a que su uso, no genera daño al medio ambiente y se generan productos inocuos.

Hidalgo *et al.* (2014) apuntan que, en la actualidad, los aditivos alternativos se utilizan para disminuir el uso de los antibióticos como promotores de crecimiento (APC). Con el empleo de ácidos orgánicos e inorgánicos, prebióticos, probióticos, vitaminas, antioxidantes, entre otros aditivos, se espera mantener la salud intestinal de los animales.

Blajman *et al.* (2015) difunden que el uso de los antibióticos en forma indiscriminada produjo la aparición de cepas bacterianas resistentes, proceso que se potenció por la capacidad de las bacterias de transferir la resistencia, incluso entre diferentes géneros y especies. Las terapias con antibióticos, si bien controlan los microorganismos patógenos, también afectan a muchos microorganismos benéficos, lo que origina trastornos en el equilibrio del microbiota gastrointestinal.

Barrera *et al.* (2014) explican que los acidificantes mejoran la funcionalidad intestinal y promueven mayor control del crecimiento de microorganismos sensibles, favorece las condiciones ecológicas intestinales; y además, aumenta el consumo de alimento diario, reduciendo la mortalidad en la etapa de producción.

Martínez (2018) indican que el agua es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de los animales. No sólo es importante asegurar un correcto suministro de agua, sino también asegurar una adecuada calidad físico- química y microbiológica, ya que, en los sistemas de explotación, una misma fuente de agua abastece un gran número de animales.

González *et al.* (2014) refieren que, dentro de las medidas tomadas, se encuentra la incorporación de antibióticos promotores de crecimiento en el alimento con el fin de mejorar la productividad y disminuir la incidencia de enfermedades. Sin embargo, los APC han pasado a ser motivo de polémica en todo el mundo, debido a la posibilidad del desarrollo de resistencias microbianas que pueden ser transmitidas al hombre; lo cual ha conllevado a la prohibición del uso de estas sustancias como promotoras de crecimiento en la alimentación animal en muchos países. Debido a esto, existe un marcado interés en utilizar alternativas naturales a los APC, tales como enzimas, prebióticos, probióticos, extractos de plantas y acidificantes, los cuales pueden limitar el número de bacterias patógenas, mejorar la capacidad de absorción del intestino y mejorar el rendimiento productivo.

Sánchez *et al.* (2014) difunden que entre los acidificantes se encuentran los ácidos orgánicos, sustancias con al menos un grupo carboxilo (- COOH) en su molécula. Estos ácidos pueden considerarse sustancias seguras, ya que no traspasan la pared del tracto digestivo y por ello no dejan residuos en los productos animales. Los ácidos orgánicos afectan la microflora

intestinal reduciendo el pH del alimento y del tracto digestivo, creando un entorno negativo para el crecimiento de microorganismos patógenos de los géneros *Escherichia*, *Clostridium* y *Salmonella*; y además, a través de un efecto antimicrobiano específico debido a la forma no disociada, alterando procesos esenciales para la vida de los microorganismos, principalmente Gram negativos.

Martínez (2018) publica que los ácidos calificados de “orgánicos” empleados en la producción animal son ácidos débiles tricarboxílicos de cadena corta e incluyen ácido acético, benzoico, butírico, cítrico, fórmico, propiónico, fumárico, láctico y sórbico. Aunque se pueden emplear por separado, la mayoría de las presentaciones comerciales incluyen una combinación de dos o más ácidos. Esto se explica por un lado por sus propiedades químicas y modo de acción, y por otro lado por las diferentes sensibilidades que presentan ciertos microorganismos frente a diferentes ácidos.

González *et al.* (2014) sostienen que entre los acidificantes se encuentran los ácidos orgánicos, los cuales son sustancias que poseen al menos un grupo carboxilo ($-\text{COOH}$) en su molécula. Estos ácidos pueden considerarse sustancias seguras, ya que no abandonan el tracto digestivo y por ello no dejan residuos en los productos animales. La eficacia de inhibición microbiana de un ácido orgánico depende principalmente del valor de su pKa, que es el pH al cual un 50% del ácido está disociado, teniendo la mayoría valores entre 3 y 5. Los ácidos orgánicos de cadena corta con pKa elevado tendrían una acción antimicrobiana más efectiva, ya que permitiría que una mayor cantidad de ácido se encuentre en forma no disociada.

Ácidos con pKa más bajo (como por ejemplo el ácido fórmico) liberan más protones al medio y por lo tanto reducen más el pH que ácidos con pKa más elevado (como el ácido propiónico), éstos últimos quedarán mayoritariamente en su forma sin disociar y por lo tanto serán capaces de ejercer su efecto antibacteriano. El efecto antibacteriano de los ácidos en el tracto digestivo tiene un doble beneficio para el animal: no sólo impide la multiplicación y colonización de agentes patógenos que puedan alterar la salud y rendimiento productivo, sino que también se reduce la competencia por los nutrientes del alimento, por lo que el animal podrá aprovecharlos en mayor medida (Martínez, 2018).

González *et al.* (2014) mencionan que la acción de los ácidos orgánicos sobre la microflora intestinal se lleva a cabo mediante dos mecanismos: (a) reduciendo el pH del alimento y del tracto digestivo, creando un entorno negativo para el crecimiento de microorganismos

patógenos de los géneros *Escherichia*, *Clostridium* y *Salmonella*; y (b) el efecto antimicrobiano específico debido a la forma no disociada, alterando varios procesos esenciales para la vida de los microorganismos, principalmente Gram negativos. Los ácidos atraviesan la membrana lipídica de la célula bacteriana, quedando expuesto al pH neutro interno de la bacteria, donde se disocia liberando protones (H⁺) y aniones (A).

Martínez (2018) describe que los ácidos orgánicos empleados con una finalidad de control microbiológico se administran generalmente mezclados con el alimento completo, o bien mezclados con el agua de bebida. Su uso en el agua de bebida presenta una serie de características diferenciales con respecto al uso en el alimento. Como ya se ha comentado, permite controlar la calidad microbiológica del agua. Por otra parte, hay que tener en cuenta que los animales consumen más agua que alimento (en una relación alimento: agua de 1,5-2:1), que se acentúa más en ambientes que favorecen la aparición de estrés calórico. Esto permite conseguir efectos similares a la acidificación del alimento, pero empleando menor cantidad de ácidos orgánicos por la facilidad de su administración, se pueden emplear en presencia o ausencia de animales.

González *et al.* (2014) divulgan que, además, la acidificación tiene el potencial de controlar a las bacterias entéricas, tanto patógenas como no patógenas. Ácidos orgánicos, como fórmico, fumárico, propiónico y sórbico han sido utilizados en el concentrado de pollos de engorde, provocando una respuesta positiva. Incluso, se reporta que el ácido fórmico y propiónico en la dieta de los pollos reducen la incidencia de *Salmonella* en la canal, lo cual es importante para la salud pública.

La presente investigación es necesaria, para comparar los tipos de aditivos, como vinagres, como medios alternativos orgánicos para controlar enfermedades entéricas e incrementar los parámetros de producción de pollos Broilers.

Mediante la producción de pollos broilers con vinagre en el agua de bebida, se pretende estudiar los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar el efecto de tres tipos de vinagre (banano, manzana y uva) en pollos Broilers en fase de crecimiento y acabado.
- Identificar el tipo de vinagre que mejore los parámetros productivos de pollos Broilers.
- Analizar la relación costo-beneficio.

METODOLOGÍA

El presente trabajo experimental se llevó a cabo durante seis semanas (42 días, periodo para el proceso comercial de las aves de engorde), en el plantel avícola de la Granja Experimental "San Pablo" de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el km 7,5 de la vía Babahoyo - Montalvo, ciudad de Babahoyo, Provincia de Los Ríos. La zona posee una altura 7 msnm. La climatología del lugar está caracterizada por temperatura media anual de 24.7°C, precipitación de 1.500,7 mm; humedad relativa 85.5 %, y heliofanía de 998.2 horas. Se utilizaron diversos materiales y equipos. Se utilizó como material genético pollos Broilers, de la línea Cobb 500. Se estudiaron dos factores; a) Tipos de vinagre (banano, manzana y uva) con dosis de 12,0 y 16,0 cc/galón; y, b) Desempeño productivo de los pollos. Se evaluaron los tratamientos como se indica en el siguiente Tabla 1:

Tabla 1. Tratamientos estudiados en parámetros productivos con dos dosis de vinagre en agua de bebida en pollos.

Tratamientos		
Nº	Factor A Tipos de vinagre	Factor B Dosis cc/galón
T0	Testigo absoluto	0
T1	Vinagre de banano	12,0
T2	Vinagre de banano	16,0
T3	Vinagre de manzana	12,0
T4	Vinagre de manzana	16,0
T5	Vinagre de uva	12,0
T6	Vinagre de uva	16,0

Para el desarrollo y evaluación estadística del ensayo se aplicó el diseño experimental Completamente al Azar (D.C.A), en arreglo factorial 3 x 2 + 1, con siete tratamientos y cuatro repeticiones, se realizó el análisis de varianza (ANDEVA) y la comparación de medias con la prueba de Tukey $\alpha = 0.05$. El manejo de los pollos Broilers se llevó a cabo

mediante el sistema intensivo, en un galpón con capacidad de producción para el ensayo, los cuales estuvieron estructurados con pisos de cemento y cubierta de metal, dotados de comederos manuales y bebederos manuales. La aplicación del vinagre se realizó como aditivos naturales en el agua de bebida durante tres días a partir de la primera semana de vida de los pollitos hasta la sexta semana. La alimentación se realizó con balanceado comercial Biomentos. Se evaluó: Consumo de alimento, peso semanal, conversión alimenticia semanal, consumo de agua, medición de pH a los 21 y 42 días y relación costo-beneficio.

El consumo de alimento se detalló en las respectivas hojas de registro diaria y semanalmente, cuyos resultados se expresaron en gramos (gr).

Para evaluar el rendimiento de las aves se procedió al pesaje inicial y se continuó el pesaje solo una vez por semana hasta la salida de los siete grupos; estos datos fueron registrados en gramos (gr).

La conversión alimenticia estuvo determinada por la relación entre el alimento que consume con el peso que gana.

En las hojas de registro se anotó diaria y semanalmente el consumo de agua de los pollos, en cada una de las unidades experimentales y sus resultados se expresó en litros (L).

Se midió el nivel de pH a los 21 días en duodeno, yeyuno e Ileón en 2 animales por tratamiento. Se midió el nivel de pH, en el duodeno, yeyuno e Ileón en 1 animales por unidad experimental a los 42 días.

El análisis costo beneficio se realizó en función de los costos de los tratamientos con los ingresos de la venta de pollos, para obtener el beneficio neto.

RESULTADOS

En el consumo de alimento (Tabla 2) el vinagre de banano dosis de 16cc por galón registro mayor consumo de alimento 4494,7 gr. En las interacciones el vinagre de uva con la aplicación de dosis de 16,0 cc/galón registro mayor consumo 4508,4 g, superior estadísticamente a las demás interacciones (Tabla 2).

Los tratamientos de vinagre de banano con dosis de 12cc/galo, 16cc/galón vinagre de manzana con dosis de 12cc/galón, 16cc/galón, vinagre de uva con dosis de 12cc/galón y el testigo son similares estadísticamente.

Tabla 2. Consumo de alimento, en parámetros productivos con dos dosis de vinagre en agua de bebida en pollos.

Tratamientos		Consumo de alimento gr
Factor A Tipos de vinagre	Factor B Dosis cc/galón	
Testigo absoluto		4290,3 ns
Vinagre de banano		4494,7
Vinagre de manzana		4442,8
Vinagre de uva		4474,8
	12,0	4465,9 ns
	16,0	4475,7
Testigo absoluto	0	4290,3 b
Vinagre de banano	12,0	4496,5 b
Vinagre de banano	16,0	4492,9 b
Vinagre de manzana	12,0	4459,8 b
Vinagre de manzana	16,0	4425,7 b
Vinagre de uva	12,0	4441,3 b
Vinagre de uva	16,0	4508,4 a
Promedio general		4445,0
Significancia estadística	Tratamientos	ns
	Subtratamientos	ns
	Interacción	**
	Tratamientos vs Testigo	ns
Coeficiente de variación (%)		1,61
Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.		
Ns= no significativo		
*= significativo		
**= altamente significativo		

En la Tabla 3 se registra el peso promedio de la primera semana, el análisis de varianza determinó que no existen diferencias significativas para el Factor A (Tipo de vinagre). A partir de la segunda semana hasta la sexta semana el vinagre de banano y de uva fueron similares estadísticamente. En la primera semana de las interacciones, el vinagre de uva registró mayor peso promedio con 156,3 g estadísticamente superior a los demás tratamientos con vinagre.

En las interacciones el vinagre de uva en dosis de 12,0 cc/galón registro mayor peso promedio con (157,5 g), estadísticamente superior a las otras interacciones.

EL tratamiento de vinagre de banano en dosis de (12,0 cc/galón) y vinagre de uva en dosis de (16,0 cc/galón) fueron similares estadísticamente. A partir de la segunda semana la dosis de 16 cc/galón de vinagre de banano registró mayor peso promedio hasta la sexta semana con un peso de 2791,6 g siendo estadísticamente superior a las demás interacciones.

En la sexta semana los tratamientos de vinagre de banano, manzana y uva en dosis de (12cc/galón) y los tratamientos con vinagre de manzana y uva en dosis de (16cc/galón) fueron similares estadísticamente.

Tabla 3. Peso semanal, en parámetros productivos con dos dosis de vinagre en agua de bebida en pollos.

Tratamientos		Peso (semanal)					
Factor A	Factor B	1	2	3	4	5	6
Tipos de vinagre	Dosis cc/galón						
Testigo absoluto		150,9	454,8 b	928,0 b	1451,7 b	2048,3 b	2749,9 b
Vinagre de banano		154,8	479,9 a	964,4 a	1478,1 a	2077,2 a	2779,5 a
Vinagre de manzana		153,0	454,7 b	943,7 b	1460,3 b	2056,1 b	2756,9 b
Vinagre de uva		156,3	471,9 a	970,7 a	1476,9 a	2072,5 a	2777,0 a
	12,0	155,4	463,8 b	951,1 b	1464,4 b	2063,7 b	2768,3
	16,0	154,0	473,9 a	968,1 a	1479,1 a	2073,5 a	2774,0
Testigo absoluto	0	150,9 d	454,8 d	928,0 d	1451,7 c	2048,3 d	2749,9 b
Vinagre de banano	12,0	156,3 ab	473,9 abc	952,3 bc	1465,0 bc	2067,1 bc	2767,4 ab
Vinagre de banano	16,0	153,3 bc	485,9 a	976,5 a	1491,2 a	2087,3 a	2791,6 a
Vinagre de manzana	12,0	152,4 cd	451,1 d	936,6 c	1455,1 c	2056,4 c	2763,2 ab
Vinagre de manzana	16,0	153,7 bc	458,4 cd	950,8 bc	1465,5 bc	2055,8 c	2750,5 ab
Vinagre de uva	12,0	157,5 a	466,5 bcd	964,5 ab	1473,2 abc	2067,7 bc	2774,2 ab
Vinagre de uva	16,0	155,1 ab	477,2 ab	977,0 a	1480,5 ab	2077,3 ab	2779,9 ab
Promedio general		154,2	466,8	955,1	1468,9	2065,7	2768,1
Significancia estadística	Tratamientos	Ns	**	**	**	**	**
	Subtratamientos	Ns	**	**	**	**	ns
	Interacción	Ns	**	**	**	**	**
	Tratamientos vs Testigo	**	**	**	**	**	**
Coeficiente de variación (%)		2,19	1,66	0,74	0,59	0,34	0,52

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey. Ns= no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

En lo referente a la conversión alimenticia, el análisis de varianza no registro diferencias significativas para el Factor A (Tipo de vinagre), Factor B (dosis de cc/galón), interacciones y Tratamientos vs Testigo. El coeficiente de variación fue 1,75 %. Numéricamente la mejor

conversión alimenticia fue el tratamiento testigo con (1,56%) seguido de vinagre de uva y manzana con 1.61% siendo numéricamente similares. En las interacciones, numéricamente el testigo fue el que registro la mejor conversión alimenticia 1,56%. Seguida numéricamente del vinagre de uva en dosis de 12 cc/galón (Tabla 4).

Tabla 4. Conversión alimenticia, en parámetros productivos con dos dosis de vinagre en agua de bebida en pollos.

Tratamientos		Conversion alimenticia
Factor A Tipos de vinagre	Factor B Dosis cc/galón	
Testigo absoluto		1,56
Vinagre de banano		1,62
Vinagre de manzana		1,61
Vinagre de uva		1,61
	12,0	1,61
	16,0	1,61
Testigo absoluto	0	1,56
Vinagre de banano	12,0	1,62
Vinagre de banano	16,0	1,61
Vinagre de manzana	12,0	1,61
Vinagre de manzana	16,0	1,61
Vinagre de uva	12,0	1,60
Vinagre de uva	16,0	1,62
Promedio general		1,61
Significancia estadística	Tratamientos	ns
	Subtratamientos	ns
	Interacción	ns
	Tratamientos vs Testigo	ns
Coeficiente de variación (%)		1,75

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

Ns= no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

En Tabla 5, se registró el consumo de agua. El análisis de varianza no registro diferencias significativas para el Factor A (Tipo de vinagre), sin embargo, numéricamente se observa que los tratamientos con vinagre de banano manzana y uva fueron similares. En las interacciones se determinó que el testigo registra mayor consumo de agua 10166.4 cc superior estadísticamente da las demás interacciones. En las interacciones se determinó que las diferentes dosis en los diferentes tipos de vinagre fueron similares estadísticamente.

Tabla 5. Consumo de agua, en parámetros productivos con dos dosis de vinagre en agua de bebida en pollos.

Tratamientos		Consumo de agua cc
Factor A Tipos de vinagre	Factor B Dosis cc/galón	
Testigo absoluto		10166,4
Vinagre de banano		10027,4
Vinagre de manzana		9949,9
Vinagre de uva		10042,8
	12,0	10059,8
	16,0	9953,6
Testigo absoluto	0	10166,4 a
Vinagre de banano	12,0	9976,2 b
Vinagre de banano	16,0	10078,5 b
Vinagre de manzana	12,0	9921,4 b
Vinagre de manzana	16,0	9978,4 b
Vinagre de uva	12,0	10281,9 b
Vinagre de uva	16,0	9803,8 b
Promedio general		10029,5
Significancia estadística	Tratamientos	Ns
	Subtratamientos	Ns
	Interacción	**
	Tratamientos vs Testigo	Ns
Coeficiente de variación (%)		4,08

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

Ns= no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

Los valores de pH en duodeno, yeyuno, íleon a los 21 días en el testigo absoluto fue estadísticamente superiores a los demás tratamientos. En las interacciones se observa la misma tendencia de lo que sucedió en el (factor A) (Tabla 6)

Tabla 6. Nivel de pH a los 21 días, en parámetros productivos con dos dosis de vinagre en agua de bebida en pollos.

Tratamientos		Nivel de pH		
Factor A Tipos de vinagre	Factor B Dosis cc/galón	Duodeno	Yeyuno	Íleon
Testigo absoluto		6,9 a	7,2 a	7,5 a
Vinagre de banano		5,7 c	6,1 c	6,2 c
Vinagre de manzana		6,3 b	6,7 b	6,9 b
Vinagre de uva		5,7 c	6,3 b	6,4 b
	12,0	6,1	6,4 a	6,5
	16,0	5,7	6,2 b	6,5
Testigo absoluto	0	6,9 a	7,2 a	7,5 a
Vinagre de banano	12,0	6,0 b	6,2 b	6,3 b
Vinagre de banano	16,0	5,3 c	6,1 c	6,2 b
Vinagre de manzana	12,0	6,3 b	6,6 b	6,9 b
Vinagre de manzana	16,0	6,4 b	6,9 b	7,0 b
Vinagre de uva	12,0	5,9 c	6,3 b	6,4 b
Vinagre de uva	16,0	5,4 c	6,2 b	6,4 b
Promedio general		6,0	6,5	6,7
Significancia estadística	Tratamientos	**	**	**
	Subtratamientos	Ns	**	Ns
	Interacción	**	**	**
	Tratamientos vs Testigo	**	**	**
Coeficiente de variación (%)		1,8	1,5	4,55

A los 42 días se midió (Peachimetro) el nivel de pH en duodeno, yeyuno e Ileón. Registrando diferencia altamente significativa para el vinagre de manzana y el testigo para el factor A. En las interacciones registro diferencia altamente significativas para el testigo y la dosis de 12cc/galón de vinagre de manzana (Tabla 7).

Tabla 7. Nivel de pH a los 42 días, en parámetros productivos con dos dosis de vinagre en agua de bebida en pollos.

Tratamientos		Nivel de pH		
Factor A Tipos de vinagre	Factor B Dosis cc/galón	Duodeno	Yeyuno	Ileón
Testigo absoluto		6,6 a	6,9 a	7,2 a
Vinagre de banano		5,8 b	6,2 b	6,5 b
Vinagre de manzana		6,5 a	6,8 a	7,1 ab
Vinagre de uva		5,9 b	6,3 b	6,6 b
	12,0	6,2 a	6,5 a	6,8 ns
	16,0	5,9 b	6,3 b	6,7
Testigo absoluto	0	6,6 a	6,9 a	7,2 a
Vinagre de banano	12,0	5,9 c	6,2 bc	6,5 c
Vinagre de banano	16,0	5,7 c	6,1 c	6,5 c
Vinagre de manzana	12,0	6,7 a	6,9 a	7,1 a
Vinagre de manzana	16,0	6,4 ab	6,6 ab	7,0 ab
Vinagre de uva	12,0	6,0 bc	6,4 bc	6,6 bc
Vinagre de uva	16,0	5,7 c	6,2 bc	6,6 bc
Promedio general		6,1	6,5	6,8
Significancia estadística	Tratamientos	**	**	**
	Subtratamientos	**	**	Ns
	Interacción	**	**	**
	Tratamientos vs Testigo	**	**	**
Coeficiente de variación (%)		2,90	2,73	2,46

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey. Ns= no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

En la Tabla 8, se registra el análisis costo-beneficio, donde el mayor costo-beneficio lo presentó el testigo con ganancia de \$ 1,76 por cada pollo.

Tabla 8. Análisis económico, donde el mayor beneficio-costo lo presentó el tratamiento testigo con ganancia de \$ 1,76 por cada pollo.

Parámetros	Tratamientos						
	Testigo	Vinagre de banano		Vinagre de manzana		Vinagre de uva	
	T 0	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6
Peso promedio final	2749,90	2767,40	2791,60	2763,20	2750,50	2774,20	2779,90
Total de pollos inicial	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Total de pollos final	38,00	39,00	40,00	40,00	39,00	40,00	39,00
Mortalidad (%)	5,00	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	2,50
Consumo promedio de alimento gr/ave	4290,30	4496,50	4492,90	4459,80	4425,70	4441,30	4508,40
Egresos							
Costo del pollo bb	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Costo de alimento	114,12	122,75	125,80	124,87	120,82	124,35	123,07
Insumos veterinarios	2,34	7,84	7,84	6,54	6,54	6,54	6,54
Total de egresos	117,26	131,39	134,44	132,21	128,16	131,69	130,41
Kg de pollos vendidos	104,49	107,93	111,66	110,53	110,02	110,97	108,42
Precio de venta (kg)	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98
Ingreso por venta de pollos (\$)	206,89	213,70	221,09	218,85	217,84	219,72	214,66
Beneficio-costo	1,76	1,63	1,64	1,66	1,70	1,67	1,65

CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación mediante los resultados obtenidos se lograron obtener las siguientes conclusiones:

- El mayor consumo de alimento fue el que se utilizó vinagre de uva con dosis de 16,0 cc/galón.
- La mayor ganancia de peso fue para el uso de vinagre de banano en dosis de 16cc/galón con un resultado de 2767,4 gr siendo superior a los demás tratamientos.
- La mejor conversión alimenticia registro, el testigo absoluto 1.56%
- El consumo de agua fue mayor para testigo con (10166,4 ml) en relación con los demás tratamientos.

- La tendencia del ph en duodeno yeyuno e ileon a los 21 días en el testigo y el vinagre de manzana fue hacia la alcalinidad.
- La tendencia del ph en duodeno yeyuno e ileon a los 42 días en el testigo y el vinagre de manzana fue hacia la alcalinidad.
- El testigo registro mayor costo-benéfico.

REFERENCIAS

- Andrade, V., Toalombo, P., Andrade, S., Lima, R. (2017). Evaluación de parámetros productivos de pollos Broilers Coob 500 y Ross 308 en la Amazonia de Ecuador REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 18(2), pp. 1-8.
- Barrera, H., Rodríguez, S., Torres, G. (2014). Efectos de la adición de ácido cítrico y un probiótico comercial en el agua de bebida, sobre la morfometría del duodeno y parámetros zootécnicos en pollo de engorde Orinoquia, 18(2), pp. 52-62.
- Blajman, J., Zbrun, M., Astesana, D., Berisvil, A., Romero, A., Fusari, M., Soto, L., Signorini, M., Rosmini, M., Frizzo, L. (2015). Probióticos en pollos parrilleros: una estrategia para los modelos productivos intensivos. Revista Argentina de Microbiología, 47(4), pp. 360-367.
- Chávez, L., López, A., Parra, J. (2016). El uso de *Enterococcus faecium* mejora parámetros productivos en pollos de engorde. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 63(2), pp. 113-123.
- Hurtado Flores, Luis Santiago, & Sánchez Quinche, Ángel Roberto, & Quevedo Guerrero, José Nicasio, & Vargas González, Oliverio Napoleón, & Chiriboga Chuchuca, Carlos (2016). Uso de Infusión de oreganón *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng y del vinagre en la crianza de pollos “Acriollados” (*Gallus gallus domesticus*) mejorados. *Acta Agronómica*, 65(3), 298-303. [fecha de Consulta 4 de octubre de 2022]. ISSN: 0120-2812. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169944104014>
- Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (CONAVE). (2018). Disponible en <http://www.eluniverso.com/noticias/2014/05/12/nota/2951971/consumo-pollo-subio-cinco-veces-mas-frente-1990>

- Dane, G. (2015). El Pollo de engorde (*Gallus domesticus*), fuente proteica de excelente calidad en la alimentación y nutrición humana. Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Boletín mensual. N° 36. 2-4.
- Gonzáles, S., Icochea, E., Reyna, P., Guzmán, J., Cazorla, F., Lúcar, J., Carcelén, F., San Martín, V. (2014). Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre los parámetros productivos en pollos de engorde Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 24(1), pp. 32-37.
- Hidalgo, K., Rodríguez, B., Valdivié, M., Febles, M. (2014). Utilización de la vinaza de destilería como aditivo para pollos en ceba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 43(3), pp. 281-284.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2012). Censo Nacional Agropecuario. Disponible en <http://sinagap.agricultura.gob.ve/resultados-nacionales>
- Martínez, F. (2018). Ácidos orgánicos en el agua de bebida. Disponible en <http://www.actualidadavipecuaria.com/articulos/acidos-organicos-en-el-agua-de-bebida.html>
- Nunes, R., Scherer, C., Poveda, A., Da Silva, W., Appelt, M., Bruno, L. (2016). Use of probiotics in diets of animal or vegetable origin for broilers. Revista MVZ Córdoba, 21(2), pp. 5336-5344.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2016). Reunión de las Naciones Unidas sobre la resistencia a los antimicrobianos. Boletín de la Organización Mundial de la Salud, 94:638-639. doi: <http://dx.doi.org/10.2471/BLT.16.020916>
- Penz, M. (2014). Importancia de agua en la producción de pollo: 1. Disponible en <http://www.elsitioavicola.com/articles/2035/importancia-de-agua-en-la-produccion-de-pollo-1/>
- Porcicultura. (2018). Que son los promotores de crecimiento. Disponible en <https://www.engormix.com/porcicultura/foros/que-promotor-crecimiento-t25/>
- Rodríguez, G. (2017). Avicultura: influencia de la producción de los pollos de engorde en la alimentación diaria de toda la población. Disponible en

<https://www.educativo.net/articulos/avicultura-influencia-de-la-produccion-de-los-pollos-de-engorde-en-la-alimentacion-diaria-de-toda-la-poblacion-85.html>

Sánchez, M., Carcelén, F., Ara, M., Gonzáles, R., Quevedo, W., Jiménez, R. (2014). Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre parámetros productivos del cuy (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 25(3), pp. 66-79.

Alvarado Álvarez, H. J., Guerra Casas, L. D., Vázquez Montes de Oca, R., Ceró Rizo, Á. E., Gómez Villalva, J. C., & Gallón Valverde, E. (2018). Comportamiento de indicadores productivos en dos líneas de hembras broilers con dos sistemas de alimentación en condiciones ambientales del trópico. *Revista de Producción Animal*, 30(3), 6-12.

Zambrano, R., Gómez, J., Rodríguez, J., Alvarado, H., Quezada, L., Filian, W., ... & Avellaneda, J. (2017). Evaluación de tres niveles de Mananos Oligosacáridos (*Sacharomices cerevisae*) en los parámetros productivos y salud intestinal en pollos de engorde en El Cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos, Ecuador. *European Scientific Journal*, 13(12), 24-38.

CAPITULO VII

CARACTERIZACIÓN DE PASTO JANEIRO (*Erioclhoa Polystachya*), IRRADIADO CON DIFERENTES DOSIS DE RAYOS GAMMA (^{60}Co).

Juan Carlos Gómez Villalva
Universidad Técnica de Babahoyo
<https://orcid.org/0000-0002-3310-3722>

Fernando Javier Cobos Mora
Universidad Técnica de Babahoyo
<https://orcid.org/0000-0001-8462-9022>

Jimmy Efrén Torres Pérez
Universidad Técnica de Babahoyo
<https://orcid.org/0000-0001-5806-4152>

Edwin Stalin Hasang Moran
Universidad Agraria del Ecuador
<https://orcid.org/0000-0001-6832-2047>

Palabras claves: Niveles de irradiación, pasto, tratamientos, variables.

Resumen

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Tecnológica de Babahoyo, Km. 7.5 en la vía Babahoyo-Montalvo. Las coordenadas geográficas UTM son X: 1.7723946. Y: 79.7102593. La región tiene un clima tropical húmedo con una temperatura de 24-26 °C, una humedad relativa del 88%, precipitación media anual de 1.262 mm, altitud de 8 m sobre el nivel del mar y una media de 990 horas de heliofanía al año. Se utilizaron como materiales de evaluación plantas de Pasto Janeiro a partir de materiales irradiados con 0, 25, 50, 75 y 100 Gy de rayos gamma (^{60}Co). En este estudio, se midieron y utilizaron la media aritmética (MA), el rango de variación (RV), la desviación estándar (SD) y el coeficiente de variación (CV) para el análisis de datos cuantitativos. En el Estudio 1, ninguna de las variables evaluadas superó un CV mayor al 50%, por lo que se pudo determinar que no hubo diferencia fenotípica en el material irradiado de pasto janeiro. Esto indica una baja variabilidad de especies. Para la segunda etapa, se detectó que existió correlación entre las variables: número de hojas y nudos a los 90 días después de evaluado con la altura de planta a los 90 días ($r=0.68$; $p<0.00029$)

y ($r=0.62$; $p<0.0012$) respectivamente. De manera similar, la correlación más significativa ($r=0.58$; $p<0.0032$) se demostró entre el área foliar de 60 dds y la longitud de la hoja de 60 dds.

Introducción

La dieta de los rumiantes se basa predominantemente en pastos y no solo es de gran importancia para la conservación del suelo, sino que también proporciona materia orgánica para aproximadamente el 70 % de la tierra cultivable del mundo y protege el suelo de la erosión (Benítez et al., 2017). Es una gramínea y el 50% de las calorías consumidas por los humanos provienen de muchas especies utilizadas directamente como alimento o también como alimento para mascotas. (Castañeda et al., 2015).

Para poder mantener la producción de carne y leche en un rancho, la alimentación es un factor muy importante, y si se carece de alimento durante la temporada, los animales perderán peso, se acortará la lactancia y existe la desaparición del celo. Según el Centro de Educación de Investigación Agrícola Tropical (Catie, 2009), existe pérdida de animales y menos embarazos.

Erioclhoa Polystachya, conocida como 'Pasto Janeiro' en Ecuador, es una hierba nativa de América del Sur tropical, América Central y el Caribe. Es perenne, tiene un comportamiento rastrero, tallos huecos y estolones que producen semillas de baja viabilidad, se adapta bien a áreas húmedas que van desde la saturación de humedad del suelo hasta suelos moderadamente ácidos, y es propenso a las quemaduras, se recupera bien más tarde (Bishop, 1989).

Esta planta puede ser candidata para mejorar sus características y valor nutricional mientras utiliza su capacidad de establecimiento para producir más. Sin embargo, encontrar variación genética en estas especies es difícil. En el caso del pasto de Janeiro, el tiempo de colonización en América es corto por razones evolutivas (Nobel, 2009). Con base en lo anterior, realizar trabajos experimentales tendientes a determinar los niveles de irradiación de ^{60}Co para encontrar material con características fenotípicas agrónomicamente aceptables a través de programas de mejoramiento genético de pastos.

Pasturas

Pasto es cualquier planta o hierba que sirve como alimento para animales, puede consumirse directamente en el campo y se caracteriza por una excelente capacidad de rebrote (Rosero,

2011). El pasto es un factor fundamental en la competitividad de la producción ganadera. Se sabe que los pastos naturales y mejorados son alimentos muy baratos. Su productividad depende de una variedad de factores, siendo la fertilidad del suelo uno de los factores fundamentales (Moron, 2008).

Los pastos son parte de la dieta básica y son más económicos como alimento para bovinos rumiantes, caprinos y ovinos. También aportan al suelo materia orgánica que ayuda a mantenerlo, evita la erosión de suelo (Cabrera, 2011) El buen manejo de los pastos puede producir grandes cantidades de forraje de alta calidad disponible para los animales y con una larga vida útil. Además, controlamos la oferta de pasto y su valor nutricional por animal determinando el consumo de nutrientes y el rendimiento individual (Villalobos & Sánchez, 2010).

A nivel nacional, la mayor superficie cultivada es el pasto cultivado con un 29,4 %, seguido del pasto natural con un 11,9 %, y en las zonas costeras el pasto cultivado con un 33,8 % y el pasto natural con un 5,0 %. En las regiones, 21,8% de tierra cultivable se dedica a pastos cultivados y 25,2% a pastos naturales, en la Amazonía 32,5% a pastos cultivados y 5,0% a pastos naturales, la región Sierra y la Ganadería es dominante en ambas Amazonas (ESPAC, 2011).

Importancia de los pastos y forrajes

El 25% de toda la superficie de la tierra está cubierta de prados; En Ecuador el III censo agropecuario nacional realizado en el año 2001 revela que un 41% de tierra fueron destinadas a la agricultura y destinadas al pastoreo, lo que se tradujo en un aumento del 70% en el número de crías entre 1974 y 2000, y el sustento de los rumiantes como productos aptos para el consumo humano, por lo que los pastos son las más económicas fuentes de alimento para el ganado (Calderero, 2011). Los cereales son una de las plantas más abundantes e importantes de la tierra, los granos es el producto más valioso obtenido de estos cultivos. Los cereales son ampliamente utilizados tanto por humanos como por aves. Los cereales tienen muchos usos y es muy abundante en zonas con poca agua hasta zonas con abundante agua. El pasto es el alimento más importante para el ganado (Intriago, 2013).

Importancia de la ganadería en la Provincia de Los Ríos

El pasto de janeiro se siembra más comúnmente en las tierras bajas de Ecuador debido a su adaptabilidad y buena producción de forraje en invierno, pero tiene usos de riego en verano.

considerado óptimo para la producción de leche. Este pasto es la planta que forma la mayor parte del área de producción de alimentos para ganado. Hay semillas que se siembran para pastoreo directo y otras que se usan directo, cortadas manual o mecánicamente y utilizadas para alimentar comederos como ensilaje o heno (Relief, 2015).

Según el Censo Nacional Agropecuario (2002), la producción ganadera en el Ecuador es una base muy importante para el desarrollo social y económico, satisfaciendo las necesidades de la población en alimentos esenciales como la carne, la leche y proporcionando una fuente de trabajo e ingresos. fuente importante. Los Ríos cuenta con un total de 70.077 hectáreas de pastoreo cultivado y 31.638 hectáreas de pastoreo natural, que albergan aproximadamente 117.803 animales, 42% criollos, 56% mestizos y raza pura Las proporciones de leche y carne son mínimas (Censo Nacional Agropecuario, 2002).

Calidad nutricional de pastos

Los pastos existen en casi todas las zonas climáticas, no hay 'mejores pastos' o 'malos pastos'; La principal ventaja de las gramíneas es su excelente capacidad para producir biomasa (hojas) de alta calidad a través de la fotosíntesis, pero esta calidad nutricional depende de la lignificación de la planta y del momento en que la gramínea madura (floración) o la llegada del verano (secado). todos los nutrientes se reducen significativamente (Pérez, 2006).

Si se dispone de pastos de excelente calidad y algunos pastos presentan un rápido proceso de marchitamiento, se recomienda utilizar ambos tipos en el potrero. Esto es ventajoso para la alimentación animal ya que se equilibra la materia seca (INIAP, 2015)

Valor nutritivo de las plantas forrajeras

El valor del principio nutricional de un pienso se calcula en función de su contenido calórico o energético como resultado de los resultados obtenidos al analizar el pienso en función de las necesidades energéticas diarias del animal. Esto varía según la especie, la edad y la etapa. El desarrollo, el trabajo, la producción de grasa, leche, etc., el conocimiento de estas necesidades y el poder energético de un determinado pienso para establecer la dieta óptima para el animal y determinar si es suficiente para cubrir al animal es ahora posible. Satisface las necesidades nutricionales y fisiológicas necesarias del organismo.

El valor nutricional del alimento se calcula de acuerdo con el contenido de humedad y el análisis de materia seca. La materia seca contiene nutrientes que el organismo del animal necesita para su metabolismo (Ojeda, 2008).

Gramíneas

Las gramíneas Poaceae es una familia de plantas herbáceas o leñosas muy raras que pertenecen al orden Poales de plantas monocotiledóneas. Se describen más de 820 géneros y unas 12.100 especies. Pero podría decirse que es el más importante para la economía global. La mayor parte de la dieta humana se deriva de los pastos, directamente de los granos y derivados como la harina y el aceite, e indirectamente de la carne, la leche y los huevos del pasto, la hierba o el ganado y las aves de corral que comen granos (Díaz *et al.*, 2012).

Es una familia cosmopolita que ha conquistado la mayor parte de los nichos ecológicos del planeta, desde las regiones desérticas hasta los ecosistemas de agua salada, y desde las tierras bajas e inundadas hasta los sistemas montañosos más altos. La base de esta adaptabilidad sin precedentes es la enorme diversidad morfológica, fisiológica y reproductiva y las múltiples interrelaciones con otros organismos que son de importancia tanto económica como biológica hacen que las gramíneas sean miembros atractivos de la familia (Díaz *et al.*, 2012).

Morfología de las gramíneas

Los pastos consisten de raíces, tallos, hojas y la mayoría de las veces dan flores y frutos en ciertas épocas del año. Dependiendo de las características del ambiente en el que se desarrolla la planta, sus diversos órganos adoptan diferentes formas adecuadas para la supervivencia de la especie, pero conservan características generales comunes a todos los miembros de esta familia (Olivares, 2008).

La raíz

El sistema radical de las gramíneas está compuesto por las raíces seminales y las adventicias. Las raíces primarias o seminales son las originadas por el desarrollo de la radícula del embrión, que da lugar a la raíz primaria, y otras raíces adicionales que se desarrollan justo por encima de la raíz primaria. En general, el número de raíces seminales es pequeño (de 1 a 8) y varía con la especie, el vigor de la semilla y las condiciones ambientales. Estas raíces suelen funcionar durante las primeras semanas de vida de la planta, con un desarrollo muy rápido (Olivares, 2008).

Las raíces secundarias son raíces que se forman en los nudos inferiores del tallo y permanecen enterradas, formando el verdadero sistema de raíces del pasto. Este sistema radical es típicamente fasciculado o en cabellera. Estas raíces nacen en la base de cada retoño y se renuevan con ellas. De esta forma, a medida que la planta envejece y su base muere, el

sistema radicular de gramíneas pratenses tiende a migrar hacia la superficie del suelo y ocupar menos volumen. Puede quedar muy superficial (Palma, 2006).

En cuanto al desarrollo del sistema radicular, se ha demostrado que existe una alta correlación entre la parte aérea y el crecimiento del sistema radicular y lógicamente, cuanto más seca es la zona, más se desarrolla. También se ha demostrado que las especies perennes tienen dinámicas de mortalidad y nuevo desarrollo de raíces adventicias, con tasas de renovación radicular anual que alcanzan hasta el 50% en especies de gramíneas típicas (González y Soto, 2005).

Los tallos y las hojas

Los tallos de las gramíneas reciben el nombre de cañas y están constituidos por una serie alternante de cortos nudos macizos y más largos entrenudos huecos (aunque hay excepciones con entrenudos macizos como el maíz). Las gramíneas pratenses tienen generalmente un tallo herbáceo, (algunos géneros los tienen leñosos, caña común gen. *Arundo*, caña de azúcar gen. *Saccharum*, diferentes géneros que se reúnen con el nombre de Bambúes, etc.), cilíndrico, liso o estriado, lampiño o veloso, erecto o geniculado-ascendente, etc (Sánchez, 2008).

En la base de las hojas nudosas hay yemas que, en condiciones favorables, pueden dar lugar a nuevos tallos (ahijados) que tienen la misma estructura que el tallo principal. Las ramas del tallo son basales y se desarrollan horizontalmente, produciendo estolones (corredores) o rizomas (tallos subterráneos). Los entrenudos en la base del tallo también pueden acumularse y engrosarse para formar bulbos que normalmente sirven como centros de regeneración trófica (Olivares, 2008).

La inflorescencia

La filogenia de las gramíneas se basa básicamente en la morfología de las espiguillas, las unidades básicas y su disposición en las inflorescencias. Las espiguillas se forman a partir de una o más flores recolectadas en una mazorca. Es decir, está directamente adherida al pedúnculo floral (raquis o rachira) y protegida por dos brácteas: glumas (inferior y superior) (Olivares, 2008).

La flor completa de una gramínea se compone de una barrera protectora inferior denominada lema, en cuya axila se inserta la flor, y otra superior que recibe el nombre de palea, inserta en el pedúnculo floral; dos pequeñas bractéolas o escamas, denominadas lodículas, que

representan el periantio de la flor (liberación del polen por apertura de los estambres). Un androceo compuesto generalmente por 3 estambres, aunque pueden variar de 1 a 6. Un gineceo constituido por un ovario con un sólo óvulo (Congreso de producción e industria animal, 2005).

El fruto y la semilla

El fruto de las gramíneas es la cariósipide, un fruto seco, no dehiscente, que se fusiona con la verdadera semilla para formar lo que comúnmente se llama la pepita. Si las cabezas de las flores están unidas a los granos, los granos se pueden servir en el plato. Los granos suelen ser bilateralmente simétricos, convexos en la superficie dorsal y deprimidos por surcos en la superficie ventral. En la base del abdomen existen unos puntos llamados hilos, que corresponden a la unión del ovocito y el ovario y suelen presentar características específicas (Olivares, 2008).

Generalidades del cultivo

El pasto janeiro (*Eriochloa Polystachya*) también conocido como pasto Caribe; es una gramínea con macollos, emitiendo tallos que alcanzan hasta 1,5 metros de altura produciendo abundantes hojas y poca semilla. Crece adecuadamente en suelos de medianos a alta fertilidad, húmedos o inundables. Desde 0-1 200 msnm (Lozada & Raffo, 2008).

Taxonomía

Según Magil *et al.*, (2016), el pasto janeiro se clasifica de la siguiente forma:

Reino	Plantae
Filo	Traqueofita
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	Eriochloa
Epíteto específico	Polystachya
Código nomenclatural	ICNafp

Estado nomenclatural Legítimo

Nombre científico *Eriochloa polystachya* Kunth

Características botánicas

Las gramíneas constan de raíz, tallo, hojas y la mayoría tienen flores y frutos en ciertas épocas del año. Según las características del medio en que la planta se desarrolla, los diferentes órganos de la misma adoptan una forma distinta, adecuada para la supervivencia de la especie, pero conservando unas características generales comunes a todos los miembros de esta familia (Olivares, 2008).

El pasto de janeiro es una planta perenne de la familia de las gramíneas que crece bien a orillas de lagos y pantanos. Propagado por macollos y contiene 5% a 14% de proteína cruda y 65% de digestibilidad, forma la base básica de la nutrición del ganado. Es rastrera y alcanza alturas de 1,20 m y hojas de 20–25 cm de largo y 8–10 mm de ancho (Rolando *et al.*, 1989).

Las semillas son muy poco viables y los tallos son huecos, de unos 13 cm de largo y 1,5 cm de ancho, produce numerosas vainas y hojas pilosas nudosas, pocas inflorescencias y semillas, y raíces abundantes y relativamente superficiales (Bernal, 2003).

El sistema de raíces es profundo y forma profusos rizomas, produciendo una gruesa capa compacta de materia orgánica que forma un fondo firme en pantanos y arroyos. Al ser una especie que produce pocas semillas fértiles, su propagación es por tallos y rizomas. (Enríquez *et al.*, 2015).

Época de siembra y preparación de terreno

Siempre es recomendable considerar tres factores: condiciones climáticas, disponibilidad de mano de obra y disponibilidad de material de siembra de alta calidad. Después de analizar los tres factores anteriores, podemos decir que el mejor momento para plantar es el comienzo de la temporada de lluvias. La preparación del terreno debe ejecutarse un mes antes. Se aconseja primero pasar un arado y luego de 2-3 pases de rastra o simplemente pasar dos veces el romplow (Carriel, 2014).

Distancia de siembra

El espacio de siembra que brinda mejores beneficios en cuanto a rendimientos es de 40 x 80 cm, sin embargo, vale recalcar que, para establecer un pastizal de una forma rápida, se realiza distribuyendo el material vegetativo en forma al voleo, posteriormente el agricultor lo va

pisando con lo cual se logra enterrarlo, siendo un método muy práctico utilizado para ahorrar tiempo y jornales (Calderero, 2011).

Fertilización

La fertilización mínima (del elemento en kg/ha) N 50; P₂O₅: 45,8, K₂O 18; MgO: 24,75; SO₄ 44,86. Responde bien a fertilización (N, P, K) a los 6-8 meses después de establecido. Se debe hacer rotación de potreros, teniendo especial cuidado con el tiempo de pastoreo ya que no lignifica y los animales tienden a consumir abundantemente, se puede pastorear cada 45 días (Bernal, 2003).

Con la aplicación máxima (en kg /ha) 120 kg N; 90 kg P₂O₅; 120 kg k₂O + 2 kg bonanza se logran los mayores rendimientos en producción de biomasa en pasto janeiro donde se obtuvieron plantas con un mayor desarrollo en cuanto a tamaño y vigor (Terán, 2015).

Manejo de malezas

Esta actividad en un potrero establecido es una práctica muy importante la misma que se realiza de forma manual con la utilización del machete o química con herbicidas selectivos de los grupos fenólicos (2,4-D, picloram), en combinación de prácticas de manejo como, fertilización y riego. Manifestando que la forma manual es la más utilizada en la zona central de nuestro país (Espinoza, 2008).

Requerimientos edafoclimáticos del cultivo

Es poco exigente al tipo de suelo, rindiendo más en los arcillosos que en los arenosos, su mérito está en la adaptación a suelos bajos e inundables, se usa tanto para pastoreo como para corte, proporciona forraje verde, tierno y abundante, no se presta para ser henificado por el secamiento de los tallos es muy lento, tiene una calidad nutricional de: Proteína cruda 5 % - 14 % y digestibilidad 65 %, no se ha reportado ninguna toxicidad, con un potencial de producción de 8 - 10 t/ha/año de materia seca (León, 2006).

Mejoramiento genético de plantas

El mejoramiento genético de las plantas es uno de los logros humanos más antiguos y comienza con la domesticación de plantas en condiciones controladas y la selección de aquellas que proporcionan mejores fuentes de alimento. Esta mejora fue aleatoria y lenta hasta que se reconocieron las leyes de Mendel a principios del siglo XX. Los criadores crearon cepas con el fin de aumentar la productividad, la resistencia a enfermedades, etc. Sin

embargo, a veces es difícil obtener un cultivo mejorado con este método y se debe usar otros procedimientos. La biotecnología vegetal proporciona herramientas que nos permiten romper las barreras físicas y genéticas que interfieren en el correcto funcionamiento del apareamiento sexual normal para la transferencia de genes de las plantas silvestres a las cultivadas. Las plantas mejoradas se pueden obtener mediante selección celular, mutación somática, mutación inducida, hibridación somática, cultivo haploide e ingeniería genética, entre otros (Gutiérrez *et al.*, 2003).

Inducción de mutaciones en plantas

En un sentido amplio, las mutaciones son cambios en la información genética almacenada en el ADN. De acuerdo a la extensión del material genético que es afectado se pueden observar tres tipos de mutaciones: génicas, que abarcan alteraciones en la secuencia de nucleótidos de un gen; cromosómicas estructurales, que implican cambios en la estructura interna de los cromosomas, como deleciones, duplicaciones, adiciones o translocaciones; y cromosómicas numéricas, que son alteraciones en el número de los cromosomas propio de la especie (Oliva y Vidal, 2006). Las mutaciones son el origen primario de la variabilidad genética y el control de la frecuencia y espectro de las mismas constituye una herramienta valiosa en el mejoramiento de las plantas cultivadas (Prina *et al.*, 2010).

Rayos gamma

Este tipo de radiación puede denominarse radiación gamma o rayos gamma. A diferencia de los rayos alfa y beta, los rayos gamma son rayos, no partículas. Un tipo de luz invisible como las ondas de radio, la luz infrarroja, la luz ultravioleta y los rayos X, los rayos gamma son rayos de energía que no tienen carga eléctrica ni masa. Las fuentes de rayos gamma pueden estar relativamente distantes, como los materiales de construcción cercanos, el suelo y el material radiactivo en el asfalto. Los rayos gamma pueden atravesar el cuerpo sin tocar nada, o pueden golpear átomos y darles parte o toda su energía. Esto generalmente elimina electrones del átomo (e ioniza el átomo). Ese electrón luego usa la energía recibida del rayo gamma para ionizar otros átomos, eliminando también el electrón. Los rayos gamma son energía pura y dejan de existir cuando pierden toda su energía (ATSDR, 1999).

La cantidad de energía impartida por las radiaciones ionizantes por unidad de masa se conoce como dosis absorbida. Su unidad en el Sistema Internacional de medidas es Julio/kilogramo (J kg^{-1}) y su nombre especial es Gray (Gy). Un gray significa la absorción de un Julio de

energía en forma de radiación ionizante por un kilogramo de materia (Basantes, 2010; Lagoda, 2012).

Variedades Mutantes de Plantas Cultivadas

Para 2009, se habían liberado más de 3000 cultivares mutantes pertenecientes a 170 cultivos (Burkart, 2009). De los 2252 cultivares mutantes lanzados hasta el año 2000, el 70% se lanzaron directamente como nuevos cultivares, producto de la reproducción directa de líneas mutantes seleccionadas. El 30% restante fue el resultado del apareamiento con mutantes inducidos. La radiación (89%) fue el método más común utilizado para inducir alteraciones genómicas. El uso de productos químicos era raro. Un cultivar número 64 mutagenizado por radiación se trató con radiación gamma. De las 2.252 cepas, el 75% son comestibles y el 25% restante son ornamentales.

Efectos somáticos del tratamiento

Los principales efectos del tratamiento mutágeno que se deben esperar y medir en la primera generación de plantas, o M_1 son los siguientes:

1). Porcentaje de Germinación

Según Prina (1989), incluso en dosis muy altas, la radiación ionizante no afecta la tasa de germinación de la mayoría de las especies y solo es útil para medir la toxicidad de algunos mutágenos químicos.

2). Altura de la primera hoja

Una disminución en el valor de este parámetro representa una indicación del daño fisiológico del tratamiento. Las mediciones deben tomarse después de que las primeras hojas hayan terminado de crecer.

Prina (1989), en su trabajo sobre la cebada, plantea la hipótesis de que medir el crecimiento de la primera vaina se correlaciona mejor con otros tipos de efectos biológicos. B. Letalidad del tratamiento. Esto se debe a que está directamente relacionado con la división celular, lo que implica daño cromosómico.

3). Letalidad-sobrevivencia hasta la madurez

Se mide en condiciones de campo contabilizando el número de plantas que producen semillas y que son capaces de pasar a la siguiente generación (Prina, 1989).

Caracterización morfológica

La caracterización morfológica de los germoplasmas vegetales es la determinación de un conjunto de rasgos utilizando descriptores definidos que permiten la distinción taxonómica de las plantas. Algunos rasgos son altamente hereditarios, fáciles de observar y se expresan por igual en todos los entornos. Los rasgos morfológicos se utilizan para estudiar la variabilidad genética, identificar plantas y conservar los recursos genéticos. La caracterización es por tanto, el primer paso en los programas de mejora y conservación de cultivos (Hernández, 2013).

La caracterización es un conjunto de datos que muestran las características de las líneas con que contamos. Mediante este procedimiento se puede seleccionar materiales vegetales con características sobresalientes, por ejemplo: resistencia a patógenos. Además, la caracterización se extrae una serie de características cuantitativas y cualitativas, que permiten la selección de materiales y posterior utilización en programas de investigación o de otra naturaleza (Torres, 2007; Cobos *et al.*, 2020).

Los recursos fitogenéticos se conservan para utilizarlos, y ello solo es posible si se conocen en detalle sus características o atributos y se visualizan sus posibles usos. Es decir, que para caracterizar un material vegetal es preciso recurrir al estudio de atributos morfológicos, estructurales o funcionales, contenidos en el germoplasma, como portador de las características hereditarias de la especie (Duarte, 2014).

Materiales y métodos

La presente investigación se realizó en los predios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad técnica de Babahoyo, ubicada en el km. 7.5 de la vía Babahoyo-Montalvo. Las coordenadas geográficas en UTM fueron X: 1.7723946; Y:79.7102593. La zona presenta un clima tropical húmedo, con una temperatura que oscila entre los 24 y 26 °C, con humedad relativa de 88%, precipitación promedio anual de 1262 mm, con altura de 8 msnm y 990 horas de heliofanía de promedio anual (Cobos *et al.*, 2021)

Parte 1. Caracterización morfológica de estolones/m² a diferentes niveles de irradiación (⁶⁰Co)

Material genético

El trabajo experimental se realizó utilizando el material de pasto janeiro ubicado en los predios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo.

Métodos

Se utilizaron los métodos siguientes: Deductivo - Inductivo, Inductivo – Deductivo y Experimental.

Factores estudiados

Variable Dependiente: estolones/m² de material vegetativo irradiados de pasto janeiro.

Variables Independientes: producción y características agronómicas de estolones/m².

Diseño Experimental

Se midió la media aritmética (MA), el rango de variación (RV), la desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV), utilizados en el análisis de datos cuantitativos.

Tratamientos

Tabla 1. Tratamientos a evaluar en fase de campo

TRATAMIENTOS	FACTOR
T1	Estolones/m ² 0 Gy
T2	Estolones/m ² 25 Gy
T3	Estolones/m ² 50 Gy
T4	Estolones/m ² 75 Gy
T5	Estolones/m ² 100 Gy

Manejo del ensayo

Preparación del terreno y sustrato

Para el trabajo experimental se realizó la limpieza del terreno, posterior a esto se procedió con un arado superficial para disgregar la superficie y poder realizar la siembra con mayor facilidad

Preparación del material de siembra

Para el trabajo experimental se eligió el material vegetal (pasto janeiro) stolone/m². Estos fueron colectados de plantas irradiadas con diferentes dosis de radiación gamma en la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Siembra

Cada uno de estos materiales vegetativos se sembró en parcelas seleccionadas y se cubrió con una distancia de siembra de 2 metros entre surcos y 1 metro entre plantas.

Riego

Este trabajo se realizó constantemente para mantener el suelo a capacidad de campo.

Control de malezas

El deshierbe se realiza con una motoguadaña y el área de inspección siempre se mantiene limpia.

Datos a Evaluar

Altura total de la planta

La altura total de la planta se midió desde el suelo hasta la parte superior de la inflorescencia más alta, y esta variable se reporta en centímetros después de 90 días.

Altura de follaje

La altura de la hoja se mide desde el suelo hasta la altura de la hoja y esta variable se reporta en centímetros después de 90 días.

Diámetro de tallo

Se escogieron diez plantas al azar por tratamiento a los 30, 60, 90 días y se midieron a nivel del segundo entrenudo del tallo, expresado en centímetros.

Longitud de hoja

Se seleccionaron al azar diez plantas por tratamiento a los 30, 60 y 90 días y se midió la distancia desde la base del tallo hasta la punta de la hoja.

Ancho de hoja

En los días 30 y 60, se seleccionaron al azar 10 plantas por tratamiento y se midió la distancia desde la base del tallo hasta la punta de la hoja.

Numero de hojas (HP)

HP se obtuvo contando el número total de hojas por planta en 10 plantas escogidas al azar.

Numero de nudos por planta (NP)

La NP se determinó contando el número total de nudos en 10 plantas elegidas al azar.

Longitud de inflorescencia (LI)

LI se calculó seleccionando al azar 10 inflorescencias y midiendo desde la base hasta la parte superior. Esta variable se reporta en centímetros.

Área foliar

En los días 30 y 60, será elegido al azar 10 plantas por tratamiento, se mide el ancho y largo de la hoja y se multiplica por una constante de 0.705. Estos datos están expresados en cm².

Nivel de clorofila

Los niveles de clorofila se midieron utilizando un medidor de clorofila portátil SPAD-502. Esta herramienta determina la cantidad relativa de clorofila presente midiendo la medición de la absorción de la hoja en dos regiones de longitud de onda; en las regiones roja y cercanas a infrarroja. Utilizando estas dos transmisiones el medidor calculará el valor numérico SPAD que es proporcional a la cantidad de clorofila presente en la hoja y en consecuencia de Nitrógeno (N).

Rendimiento de materia seca (RMS)

La RMS se obtuvo cortando plantas a 5 cm del suelo, colocando en bolsas de papel y secando en estufa a 70 °C durante 48 h.

Parte 2. Caracterización morfológica de pasto janeiro (*Erioclhoa polystachya*) irradiado a dosis media letal de rayos gamma (52 Gy)

Material genético

El material genético utilizado fueron plantones de pasto janeiro (*Erioclhoa polystachya*) que habían sido irradiados con 52 Gy de radiación gamma (^{60}Co).

Métodos

Se utilizaron los siguientes métodos: deductivo-inductivo, inductivo-deductivo y experimental.

Factores estudiados

Variable dependiente: Características morfológicas del pasto de janeiro (*Erioclhoa polystachya*).

Variables independientes: Dosis de radiación

Análisis estadístico

El análisis estadístico de este trabajo experimental estimó la media aritmética, el rango de variación, la desviación estándar y el coeficiente de variación, así como el análisis de correlación de las variables.

Manejo agronómico del ensayo

Para el buen desarrollo de las plántulas sembradas, se observaron todas las normas de manejo adecuado del pasto y se realizaron todas las tareas relacionadas con este material.

Siembra

En este experimento se utilizaron plántulas obtenidas mediante la siembra de estolones irradiados con rayos gamma de 52 Gy en parcelas con 2 m entre surcos y 1,5 m entre plantas, y se utilizó un total de 20 plantas.

Riego

Este trabajo se realizó cada 3 días para mantener el suelo en capacidad de campo y asegurar que las plantas no sufrieran estrés hídrico.

Control de malezas

El manejo de malezas se facilitó inicialmente con manuales y luego con podadoras, ya que se notó una alta presión de malezas en esta área de trabajo.

Control de malezas

No se implementaron medidas fitosanitarias ya que las evaluaciones realizadas no revelaron brotes de patógenos que pudieran dañar las plántulas.

Variables a evaluarse

En este trabajo experimental se utilizaron descriptores cuantitativos, con base en datos proporcionados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA - México).

Tabla 2. Variables a evaluar en fase de campo

-
- 1.- Altura de la planta (cm)
 - 2.- Diámetro de tallo
 - 3.- Numero de nudos por planta
 - 4.- Numero de hojas
 - 5.- Longitud de las hojas (cm)
 - 6.- Ancho de las hojas (cm)
 - 7.- Área foliar
 - 8.- Nivel de clorofila
 - 9.- Días de floración
-

Altura total de la planta (AP)

AP se mide desde la base hasta la punta de la inflorescencia más alta y esta variable se reporta en centímetros.

Altura de la planta

Esta variable se evaluó a los 30, 60 y 90 días después del ápice de la última hoja liberada en una población de 24 individuos del suelo. Esta variable se expresó en cm.

Diámetro de tallo

Con la ayuda de un Vernier o pie de rey se midió el diámetro a nivel del segundo entrenudo del tallo a los 30, 60 y 90 días en una población de n=24 individuos y esta variable se expresó en cm.

Longitud de hoja

Después de 30 días, 60 días y 90 días, se tomó una hoja en la parte central y se midió la longitud desde la raíz hasta la punta de la hoja con una cinta métrica. Esta variable se reportó en centímetros.

Ancho de hoja

El ancho del tercio central de la hoja se midió con una cinta métrica a los 30, 60 y 90 días. Esta variable se dio en centímetros.

Área foliar

Esta variable se obtuvo a los 90 días después de la siembra al multiplicar el ancho por el largo de la hoja, y multiplicar este resultado por la constante 0.705 y expresado en cm².

Nivel de clorofila

Los niveles de clorofila se midieron utilizando un medidor portátil SPAD-502. Esto determinó la cantidad relativa de clorofila en las hojas de las plantas por longitud de onda.

Numero de hojas

Esta variable se determinó contando el número total de hojas por cada individuo evaluado.

Numero nudos

Esta variable se determinó contando el número total de nudos en cada sitio evaluado.

Días de floración

Se realizaron observaciones periódicas a partir de los 60 días después de la siembra para determinar las fechas de floración.

Resultados y discusión

Caracterización morfológica de estolones/m² a diferentes niveles de irradiación (⁶⁰Co)

Variabilidad de la especie (0 Gy)

Un $C_v > 50\%$, sugiere que existe variabilidad en la especie. Así mismo, un $C_v < 20\%$, indica que la especie puede tener poca variabilidad. En la presente investigación se puede evidenciar la estabilidad de la especie, ya que 100% de las variables no superan un $C_v > a$ 50%.

Tabla 3. Medidas de Resumen en pasto Janeiro M₂. FACIAG 2019.

TRAT	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV (%)
0 GY	30DT	10	0.25	0.05	0.02	21.08
0 GY	60DT	10	0.46	0.05	0.02	11.23
0 GY	90DT	10	0.75	0.08	0.03	11.33
0 GY	30LH	10	9.46	1.53	0.48	16.13
0 GY	60LH	10	18.26	1.33	0.42	7.28
0 GY	30AH	10	1.03	0.16	0.05	15.89
0 GY	60AH	10	1.62	0.23	0.07	13.89
0 GY	30AF	10	10.63	3.09	0.98	29.08
0 GY	60AF	10	32.03	6.26	1.98	19.56
0 GY	NN	10	81.70	7.59	2.40	9.29
0 GY	NH	10	89.70	7.44	2.35	8.29
0 GY	AF	10	94.63	5.51	1.74	5.82
0 GY	CLOR	10	45.45	9.32	2.95	20.51
0 GY	LI	10	38.03	4.64	1.47	12.19
0 GY	AP	10	168.95	7.98	2.52	4.72
0 GY	MF	10	682.71	66.15	20.92	9.69
0 GY	MS	10	237.14	29.59	9.36	12.48
0 GY	%RMS	10	34.94	4.86	1.54	13.90
100 GY	30DT	10	0.23	0.05	0.02	21.00

TRAT	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV (%)
100 GY	60DT	10	0.47	0.08	0.03	17.52
100 GY	90DT	10	0.74	0.10	0.03	13.06
100 GY	30LH	10	16.43	1.94	0.61	11.82
100 GY	60LH	10	30.06	5.45	1.72	18.14
100 GY	30AH	10	1.73	0.33	0.11	19.28
100 GY	60AH	10	2.54	0.31	0.10	12.20
100 GY	30AF	10	30.58	6.86	2.17	22.44
100 GY	60AF	10	81.53	14.60	4.62	17.91
100 GY	NN	10	91.00	5.75	1.82	6.32
100 GY	NH	10	118.90	6.28	1.99	5.28
100 GY	AF	10	91.30	12.24	3.87	13.41
100 GY	CLOR	10	40.10	5.78	1.83	14.42
100 GY	LI	10	45.75	3.07	0.97	6.70
100 GY	AP	10	177.66	25.50	8.06	14.35
100 GY	MF	10	690.56	72.10	22.80	10.44
100 GY	MS	10	255.50	38.37	12.13	15.02
100 GY	%RMS	10	37.42	7.37	2.33	19.70
25 GY	30DT	10	0.24	0.05	0.02	21.52
25 GY	60DT	10	0.44	0.05	0.02	11.74
25 GY	90DT	10	0.78	0.10	0.03	13.24
25 GY	30LH	10	12.92	1.62	0.51	12.52
25 GY	60LH	10	21.62	2.17	0.69	10.06
25 GY	30AH	10	1.18	0.15	0.05	13.13
25 GY	60AH	10	1.65	0.27	0.09	16.47
25 GY	30AF	10	16.48	3.46	1.09	20.99
25 GY	60AF	10	38.41	7.80	2.47	20.30
25 GY	NN	10	81.20	7.33	2.32	9.03
25 GY	NH	10	86.70	9.44	2.99	10.89

TRAT	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV (%)
25 GY	AF	10	81.19	3.88	1.23	4.78
25 GY	CLOR	10	39.46	3.48	1.10	8.82
25 GY	LI	10	34.85	2.74	0.87	7.87
25 GY	AP	10	168.33	11.20	3.54	6.66
25 GY	MF	10	654.26	77.67	24.56	11.87
25 GY	MS	10	233.90	16.43	5.20	7.03
25 GY	%RMS	10	36.13	4.21	1.33	11.66
50 GY	30DT	10	0.27	0.05	0.02	17.89
50 GY	60DT	10	0.49	0.07	0.02	15.06
50 GY	90DT	10	0.81	0.11	0.03	13.59
50 GY	30LH	10	12.80	1.75	0.55	13.64
50 GY	60LH	10	28.75	3.63	1.15	12.62
50 GY	30AH	10	1.53	0.20	0.06	13.09
50 GY	60AH	10	2.43	0.26	0.08	10.81
50 GY	30AF	10	20.99	3.60	1.14	17.13
50 GY	60AF	10	74.99	11.87	3.75	15.82
50 GY	NN	10	76.80	5.98	1.89	7.78
50 GY	NH	10	87.70	6.90	2.18	7.86
50 GY	AF	10	90.10	9.92	3.14	11.01
50 GY	CLOR	10	41.51	6.11	1.93	14.71
50 GY	LI	10	39.63	6.04	1.91	15.25
50 GY	AP	10	181.52	12.44	3.94	6.86
50 GY	MF	10	644.96	77.08	24.38	11.95
50 GY	MS	10	234.43	32.26	10.20	13.76
50 GY	%RMS	10	36.98	7.59	2.40	20.52
75 GY	30DT	10	0.26	0.07	0.02	26.89
75 GY	60DT	10	0.46	0.05	0.02	11.23
75 GY	90DT	10	0.71	0.10	0.03	14.01

TRAT	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV (%)
75 GY	30LH	10	16.54	1.69	0.53	10.19
75 GY	60LH	10	26.84	2.54	0.80	9.48
75 GY	30AH	10	1.57	0.15	0.05	9.52
75 GY	60AH	10	2.38	0.21	0.07	9.03
75 GY	30AF	10	27.97	4.23	1.34	15.10
75 GY	60AF	10	68.93	10.76	3.40	15.62
75 GY	NN	10	88.50	8.70	2.75	9.83
75 GY	NH	10	99.30	8.23	2.60	8.29
75 GY	AF	10	90.21	6.78	2.14	7.52
75 GY	CLOR	10	43.38	5.53	1.75	12.75
75 GY	LI	10	43.63	4.93	1.56	11.29
75 GY	AP	10	184.29	12.08	3.82	6.56
75 GY	MF	10	640.53	114.99	36.36	17.95
75 GY	MS	10	222.13	12.70	4.02	5.72
75 GY	%RMS	10	35.88	7.86	2.49	21.91

Estos resultados se asemejan a la investigación desarrollada por Gómez *et al.*, (2020) y Hasang *et al.*, (2020) expresan que la menor mortalidad en pasto janeiro mediante mutagénesis física, se dio en tratamientos con bajas dosis de radiación.

Diámetro de tallo 90 días

El grafico 1. Muestra que el tratamiento T3 con una dosis de 50 GY, presentó un diámetro de tallo de 0.81; el cual es numéricamente superior al resto de tratamientos y mayor al tratamiento T4 con una dosis de 75 GY, con 0.71.

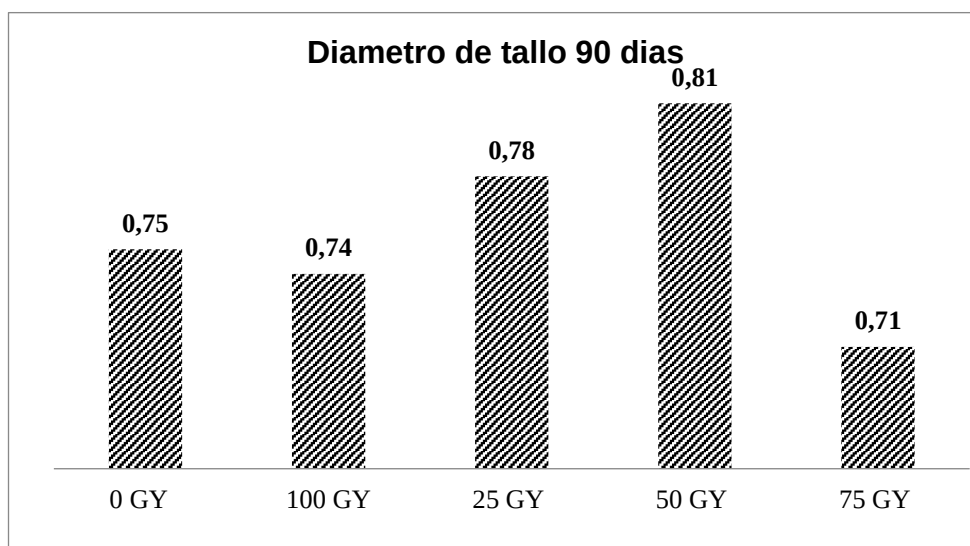


Gráfico 1. Diámetro de tallo 90 días en pasto Janeiro M2. FACIAG 2019.

Longitud hojas (cm)

La variable longitud hojas (cm), muestra sus promedios en el grafico 2. En donde el tratamiento T5 con una dosis de 100 GY, obtuvo mayor longitud de hoja, con 30.06 cm, superior numéricamente al resto de tratamientos, por último, está el tratamiento T1 (0 GY), con 18.26 cm.

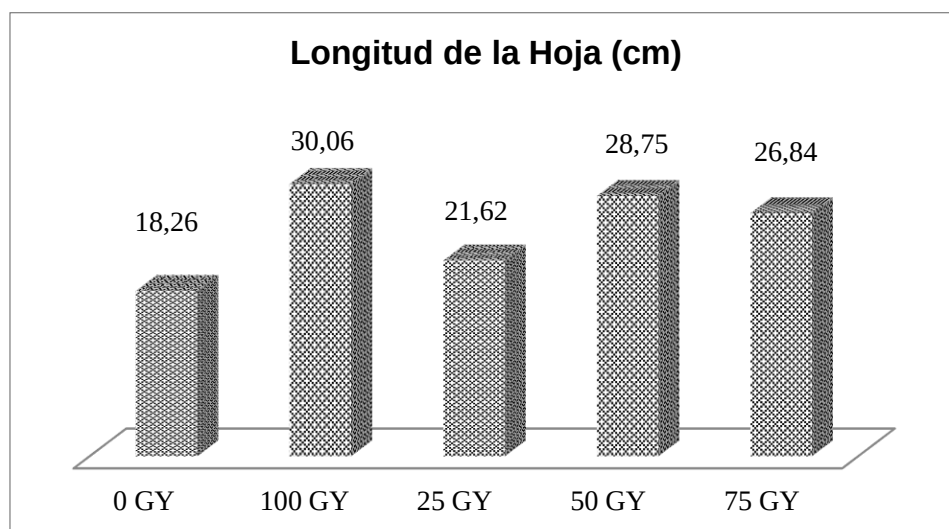


Gráfico 2. Longitud hojas en pasto Janeiro M2. FACIAG 2019.

Ancho de hojas (cm)

Para el caso de la variable ancho de hojas, sus promedios se muestran en el grafico 3. Numéricamente el tratamiento T5 con una dosis de 100 GY, obtuvo mayor ancho de hoja,

con 2.54 cm, numéricamente superior al resto de tratamientos, y con el menor promedio está el tratamiento T2 (25 GY), con 1.65 cm.

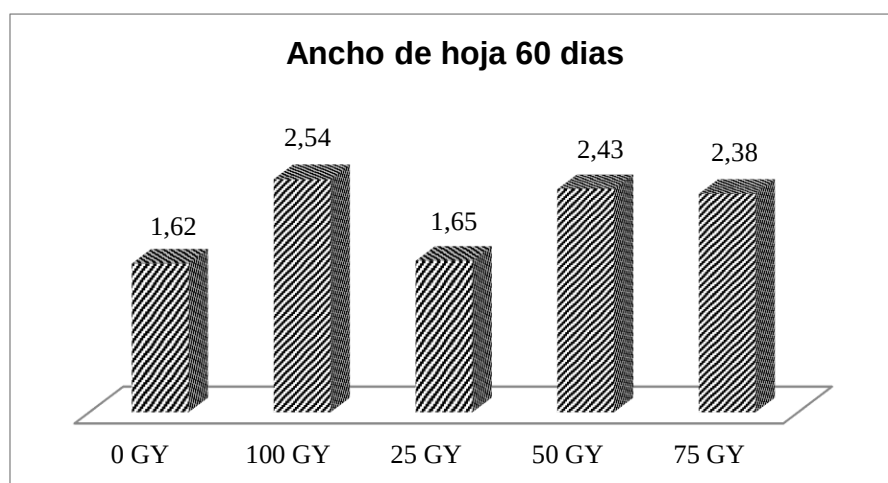


Gráfico 3. Ancho de hojas en pasto Janeiro M₂. FACIAG 2019

Numero de nudos por planta

La variable número de nudos por planta, se muestra sus promedios en el grafico 4. El tratamiento T5 con una dosis de 100 GY, obtuvo el mayor número de nudos, con 91.00, numéricamente superior al resto de tratamientos y con el promedio inferior del tratamiento T3 (50 GY), con 76.80.

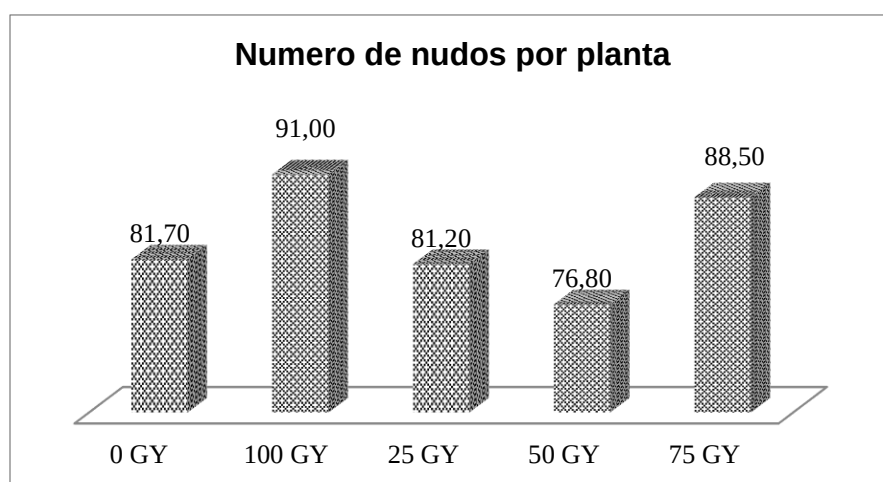


Gráfico 4. Numero de nudos por planta en pasto Janeiro M₂. FACIAG 2019

Área foliar (cm)

La variable área foliar (cm) muestra sus promedios en el grafico 5. Numéricamente el tratamiento T5 con una dosis de 100 GY, obtuvo mayor área foliar, con 81.53 cm, superior

al resto de tratamientos y con el promedio más bajo esta el tratamiento T2 (25 GY), con 38.41 cm.

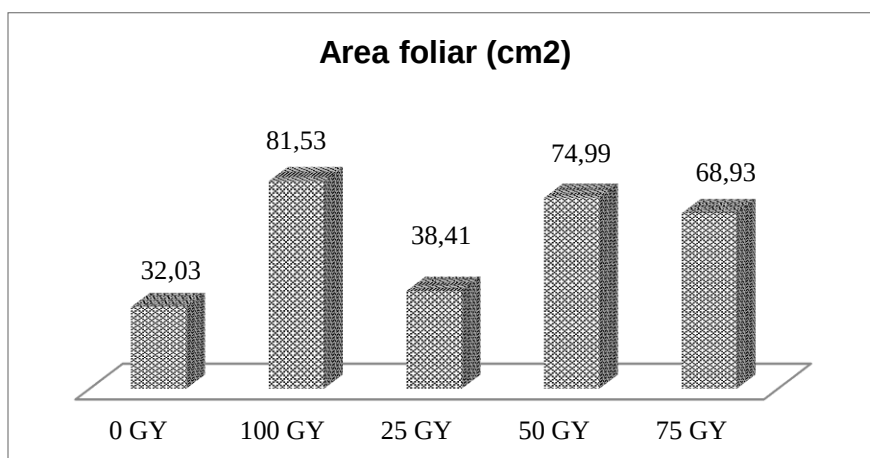


Gráfico 5. Área foliar en pasto Janeiro M₂. FACIAG 2019

Numero de hojas por planta

La variable número de hojas por planta, muestra sus promedios en el grafico 6. El tratamiento T5 con una dosis de 100 presento un mayor número de hojas con 118.90 y el tratamiento con el promedio más bajo fue el tratamiento T2 (25 GY), con 86.70.

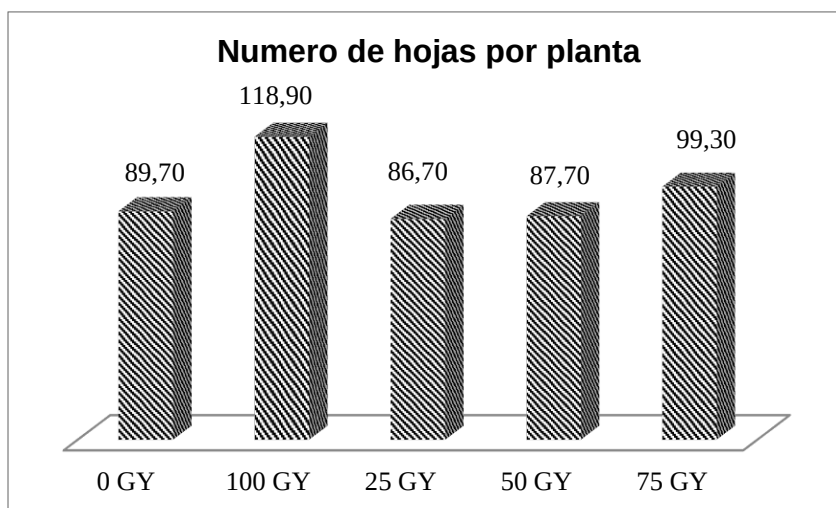


Gráfico 6. Numero de hojas por planta en pasto Janeiro M₂. FACIAG 2019

Altura de follaje

El análisis para la variable altura del follaje, se presenta en el gráfico. 7. El pasto Janeiro mostró mayor altura del follaje cuando se utilizó el tratamiento T0 con dosis 0 GY reportó

94.63 cm, superior al resto de tratamientos y con el promedio más bajo el tratamiento T2 (25 GY), con 81.19 cm.

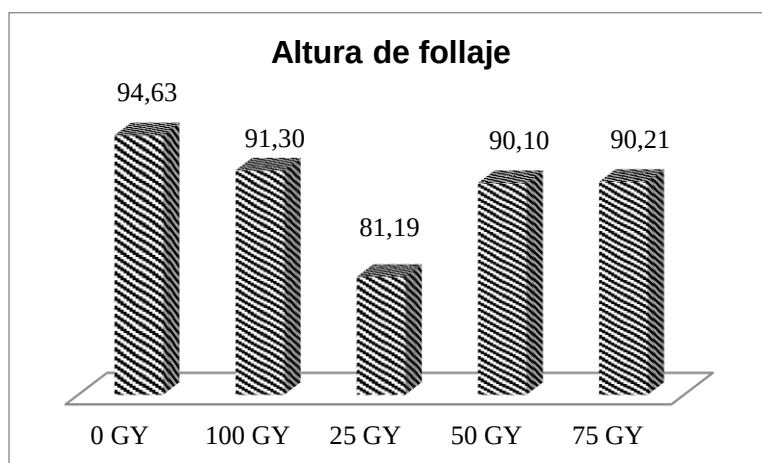


Gráfico 7. Altura de follaje en pasto Janeiro M₂. FACIAG 2019

Rendimiento de materia seca (%)

El rendimiento de materia seca presenta sus resultados en el grafico 8. El tratamiento 5 con una dosis de 100 GY, superó los promedios con 37.42, superior a todos los tratamientos, y con el promedio más bajo esta el tratamiento T4 (75 GY), con 35.88.

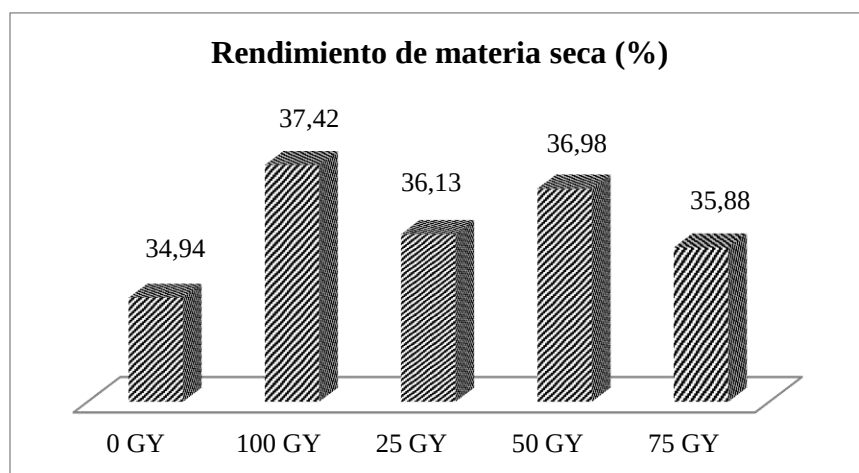


Gráfico 8. Altura de follaje en pasto Janeiro M₂. FACIAG 2019

Caracterización morfológica de pasto janeiro (*Eriochloa polystachya*) irradiado a dosis media letal de rayos gamma (52 Gy)

Variabilidad de la especie

La Medida de resumen en la presente investigación nos evidencia la estabilidad de los caracteres morfológicos evaluados, ya que el total de los descriptores cuantitativos no

superaron el 50 % del coeficiente de variación. Sin embargo, los caracteres la mayoría de los caracteres superaron el 20 % de CV lo que indica que puede existir una variabilidad pero que esta no se refleja fenotípicamente.

Caracterización morfológica

La altura de planta a 90 días obtuvo un promedio de 2.20 cm. El diámetro de tallo obtuvo un promedio de 0.97 cm a los 90 días. La longitud y ancho de la hoja evaluados a 90 días después de la siembra, obtuvieron 18.86 y 1.71 cm respectivamente. El número de hojas y nudos obtenidos a los 90 días fueron 23.69 y 23.00 respectivamente. El nivel de clorofila oscilo en 41.50 y los días de floración en 150 días. Entre las variables que más presentaron variabilidad fueron: altura de planta, ancho de hoja a los 30 días y área foliar a los 30 días, como se indican en la tabla 4.

Tabla 4. Variabilidad de descriptores cuantitativos en pasto Janeiro. FACIAG 2019.

		Medidas resumen						
Descriptores		n	Media	Mín.	Máx.	D.E.	E.E.	CV
ALTURA DE PLANTA 30 DÍAS (cm)	AP30	24	59.48	33.50	113.50	21.20	4.33	35.64
ALTURA DE PLANTA 60 DÍAS (cm)	AP60	24	94.78	68.00	163.10	22.52	4.60	23.76
ALTURA DE PLANTA 90 DÍAS (cm)	AP90	24	220.01	114.50	383.00	64.77	13.22	29.44
LONGITUD DE HOJAS 30 DÍAS (cm)	LH30	24	15.34	10.30	19.90	2.49	0.51	16.22
LONGITUD DE HOJAS 60 DÍAS (cm)	LH60	24	17.39	13.50	24.00	2.39	0.49	13.75
LONGITUD DE HOJAS 90 DÍAS (cm)	LH90	24	18.86	16.00	21.95	1.71	0.35	9.06
ANCHO DE HOJAS 30 DÍAS (cm)	AH30	24	1.22	0.75	1.75	0.31	0.06	25.12
ANCHO DE HOJAS 60 DÍAS (cm)	AH60	24	1.43	1.00	1.80	0.24	0.05	16.57
ANCHO DE HOJAS 90 DÍAS (cm)	AH90	24	1.71	1.35	2.15	0.23	0.05	13.62
ÁREA FOLIAR 30 DÍAS (cm ²)	AF30	24	18.61	11.85	32.90	5.71	1.17	30.68
ÁREA FOLIAR 60 DÍAS (cm ²)	AF60	24	24.78	17.54	34.80	5.07	1.04	20.47
ÁREA FOLIAR 90 DÍAS (cm ²)	AF90	24	32.05	24.75	39.51	4.33	0.88	13.51
DIÁMETRO DE TALLO 30 DÍAS (cm)	DT30	24	0.20	0.10	0.35	0.07	0.01	32.20
DIÁMETRO DE TALLO 60 DÍAS (cm)	DT60	24	0.49	0.30	0.70	0.13	0.03	25.74
DIÁMETRO DE TALLO 90 DÍAS (cm)	DT90	24	0.97	0.70	1.50	0.20	0.04	20.27
NUMERO DE HOJAS 90 DÍAS	NH90	24	23.69	14.50	34.50	6.53	1.33	27.57
NUMERO DE NUDOS 90 DÍAS	NN90	24	23.00	12.00	36.00	6.71	1.37	29.17
NIVEL DE CLOROFILA 90 DÍAS	NC	24	41.50	9.77	55.15	11.27	2.30	27.16

Coefficientes de correlación

En la tabla 5 se muestra que existió cierto grado de variación conjunta entre varios descriptores. Principalmente se presentaron correlaciones significativas con las variables número de hojas y nudos a los 90 días después de evaluado con la altura de planta a los 90 días ($r=0.68$; $p<0.00029$) y ($r=0.62$; $p<0.0012$) respectivamente. De igual manera se evidencio que existió correlación entre el área foliar a los 60 dds con longitud de la hoja a los 60 dds ($r=0.58$; $p<0.0032$) igualmente se puede evidenciar correlación entre el área foliar y ancho de la hoja en todas sus evaluaciones como se muestra en la tabla 5.

En un estudio realizado por Hasang *et al.*, (2020) sobre variabilidad fenotípica, del pasto Janeiro (*Eriochloa polystachya* Kunth) M3-52 Gy irradiados a 52 gy de rayos gamma (^{60}Co), demostró que variables como: altura de planta; longitud de hoja, diámetro de tallo y ancho de hojas fueron superiores con irradiación 52 Gy comparado con el tratamiento Control. Lo que evidenció un efecto estimulante de la irradiación sobre las características fenológicas evaluadas a los 30, 60 y 90 días después de la siembra.

Tabla 5. Análisis de correlación por Pearson de descriptores cuantitativos en pasto Janeiro.

Coeficientes de correlación																	
Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades																	
		AP30	AP60	AP90	LH30	LH60	LH90	AH30	AH60	AH90	AF30	AF60	AF90	DT30	DT60	DT90	NH90
ALTURA DE PLANTA 30 DÍAS (cm)	AP30	1	0.29	0.43	0.97	0.2	0.08	0.32	0.77	0.27	0.45	0.26	0.98	0.47	0.31	0.62	0.2
ALTURA DE PLANTA 60 DÍAS (cm)	AP60	0.22	1	0.98	0.9	0.54	0.47	0.81	0.08	0.68	0.86	0.27	0.92	0.66	0.79	0.57	0.5
ALTURA DE PLANTA 90 DÍAS (cm)	AP90	0.17	-4.50E-03	1	0.89	0.37	1	0.37	0.89	0.5	0.47	0.62	0.49	0.1	0.15	0.6	2.90E-04
LONGITUD DE HOJAS 30 DÍAS (cm)	LH30	-0.01	-0.03	0.03	1	0.01	0.45	0.75	0.87	0.86	0.02	0.06	0.79	0.14	0.22	0.1	0.22
LONGITUD DE HOJAS 60 DÍAS (cm)	LH60	0.27	0.13	0.19	0.55	1	0.01	0.8	0.57	0.27	0.25	3.20E-03	0.6	0.94	0.35	0.67	0.39
LONGITUD DE HOJAS 90 DÍAS (cm)	LH90	0.37	0.15	-1.50E-04	0.16	0.5	1	0.29	0.37	0.09	0.59	0.41	0.13	0.56	0.56	0.92	0.46
ANCHO DE HOJAS 30 DÍAS (cm)	AH30	0.21	-0.05	-0.19	-0.07	-0.06	-0.22	1	2.00E-06	1.10E-03	4.80E-07	1.50E-03	0.02	0.46	0.05	0.37	0.48
ANCHO DE HOJAS 60 DÍAS (cm)	AH60	0.06	-0.37	-0.03	0.03	-0.12	-0.19	0.81	1	2.10E-04	1.10E-04	4.00E-05	4.00E-03	0.59	0.11	0.23	0.51
ANCHO DE HOJAS 90 DÍAS (cm)	AH90	-0.23	-0.09	0.14	-0.04	-0.23	-0.35	0.62	0.69	1	0.01	0.06	9.90E-06	0.69	0.01	0.62	0.88
ÁREA FOLIAR 30 DÍAS (cm²)	AF30	0.16	-0.04	-0.16	0.49	0.24	-0.12	0.83	0.71	0.51	1	4.70E-05	0.03	0.16	0.38	0.97	0.99
ÁREA FOLIAR 60 DÍAS (cm²)	AF60	0.24	-0.24	0.11	0.39	0.58	0.18	0.61	0.74	0.39	0.73	1	0.01	0.61	0.6	0.46	0.98
ÁREA FOLIAR 90 DÍAS (cm²)	AF90	4.10E-03	0.02	0.15	0.06	0.11	0.32	0.48	0.57	0.77	0.44	0.52	1	0.94	0.03	0.48	0.46
DIÁMETRO DE TALLO 30 DÍAS (cm)	DT30	0.16	0.09	-0.34	0.31	0.02	0.13	0.16	0.12	-0.09	0.3	0.11	-0.02	1	0.8	0.08	0.89
DIÁMETRO DE TALLO 60 DÍAS (cm)	DT60	0.22	0.06	0.3	-0.26	-0.2	-0.13	0.4	0.33	0.54	0.19	0.11	0.45	0.05	1	0.43	0.13
DIÁMETRO DE TALLO 90 DÍAS (cm)	DT90	0.11	0.12	-0.11	-0.34	-0.09	0.02	0.19	0.26	0.11	0.01	0.16	0.15	-0.37	-0.17	1	0.11
NUMERO DE HOJAS 90 DÍAS	NH90	0.27	0.14	0.68	0.26	0.18	-0.16	-0.15	-0.14	-0.03	-2.40E-03	4.80E-03	-0.16	0.03	0.32	-0.34	1
NUMERO DE NUDOS 90 DÍAS	NN90	0.29	0.2	0.62	0.36	0.22	-0.12	-0.13	-0.11	-0.01	0.07	0.06	-0.11	0.18	0.29	-0.35	0.96
NIVEL DE CLOROFILA 90 DÍAS	NC	0.22	-0.32	0.25	0.14	0.06	0.06	0.03	0.15	-0.06	0.12	0.2	-0.02	-0.11	0.05	-0.03	0.33

Conclusiones

- En la primera fase de este estudio, ninguna de las variables evaluadas superó un CV superior al 50%, por lo que se pudo concluir que no hubo diferencias fenotípicas en los materiales irradiados del pasto janeiro. Esto indica una baja variabilidad de especies.
- Con respecto a las variables agronómicas: longitud de hoja, ancho de hoja, número de nudos por planta, área foliar, número de hojas por planta fueron mayores en el tratamiento T5 a una dosis de 100 GY en comparación con los controles, lo que demuestra que tuvo un valor promedio alto.
- En la fase 2 se detectó que existió correlación entre las variables: número de hojas y nudos a los 90 días después de evaluado con la altura de planta a los 90 días ($r=0.68$; $p<0.00029$) y ($r=0.62$; $p<0.0012$) respectivamente. De igual manera se evidencio que existió correlación entre el área foliar a los 60 dds con longitud de la hoja a los 60 dds ($r=0.58$; $p<0.0032$) entre las más importantes.

Recomendaciones

- Llevar a cabo este tipo de experimentos con los mismos tratamientos en otros cultivos de gramíneas para determinar el uso potencial de esta práctica en el mejoramiento de plantas.
- Continuar buscando diversidad de pastos con características beneficiosas, como mayor contenido de proteína y materia seca, para ayudar a los ganaderos ecuatorianos a mejorar los rendimientos.

Bibliografía

- ATSDR. 1999. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public health statement ionizing radiation. En: <http://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=482&tid=86>. Consultado 20 de abril de 2019.
- Basantes, E. (2010). Producción y Fisiología de Cultivos con énfasis en la fertilidad del suelo. Quito, Ecuador: Imprenta La Unión.

- Benítez E, H. C. (2017). Caracterización de pastos naturalizados de la región sur amazónica ecuatoriana...potenciales para la alimentación animal. Bosques latitud cero vol 7,num 2. Obtenido de <http://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/323>.
- Bernal, J. 2003. Pastos y forrajes tropicales producción y manejo. 4ª Edición. Colombia. Ideagro. Bogotá: Ángel Agro- Ideagro. Obtenido de http://stdf.sistencial.com/Content/fichas/pdf/Ficha_43.pdf.
- Bishop, J. B. (1989). Manual de pastos tropicales. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1622>.
- Burkart, W. 2009. Opening Remarks. En Q. Shu (Ed.), Induced Plant Mutations in the Genomic Era (págs. 7-8). Roma: Joint FAO IAEA.
- Cabrera, D. 2011. Manejo y uso de Pastos y Forrajes en Ganadería Tropical. Retrieved Octubre 14, 2017, from http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/08_21_24_4.1.1.pdf.
- Calderero. (2011). Biabilidad de 4 densidades de siembras de los pastos Janeiro y (*Brachiaria Humidicola*) para la producción bovina en zonas inundables de la parroquia La Victoria del cantón Salitre. Obtenido de repositorio.ug.edu.ec: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6911>.
- Calderero. (2011). Biabilidad de 4 densidades de siembras de los pastos Janeiro y (*Brachiaria Humidicola*) para la produccion bovina en zonas inundables de la parroquia La Victoria del canton Salitre. Obtenido de repositorio.ug.edu.ec: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6911>.
- Carriel, P. (2014). Estudio del comportamiento agronomico de cuatro variedades de pasto sometidos a distanciamiento de siembra en la zona de Pueblo Viejo provincia de Los Rios. Obtenido de [http://dspace .utb.edu.ec/handle: http://dspace .utb.edu.ec/handle/49000/626](http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/626).
- Castañeda L, Y. O. (2015). Selección de accesiones de *Pennisetum purpureum* para fomentar sistemas de alimentación ganadera. Pastos y Forrajes, Vol. 38, No. 2, 170-175. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v38n2/pyf03215.pdf>.

CATIE. (2009). Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino. Managua: CATIE.

Cobos Mora, F., Gómez Pando, L., Reyes Borja, W., Hasang Moran, E., Ruilova Cueva, M., & Duran-Canare, P. L. (2021). Effects of salinity levels in *Oryza sativa* in different phenological stages under greenhouse conditions. Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia, 39(1), e223905. Retrieved from <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/37392>.

Cobos Mora, F., Hasang Moran, E., Lombeida García, E., & Medina Litardo, R. (2020). Caracterización de fincas arroceras en sistemas de producción bajo riego, en el cantón Daule. Journal of Science and Research, 5(CININGEC), 156–168. Recuperado a partir de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/1004>.

Congreso de producción e industria animal. 2005. Estrategias de alimentación con pastos y cultivos forrajeros: memorias .Maracaibo, AVPA-INIA-UCV.

Díaz, M; Martínez, R; Febles, G; Ruiz, T; Crespo, G y Senra, A. 2012. Perspectivas de la utilización de los pastos y forrajes en los trópicos. (En línea). CU. Consultado, 21 de marzo. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://www.avpa.ula.ve>.

Duarte Hernández, D. 2014. Caracterización Morfo agronómica de 26 materiales regionales e introducidos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en San Vicente Chucuri, Santander. Tesis. Ing. A. CO. UFPS. 139p.

Enríquez Q.J.F.A. Hernández G., A.R. Quero C. y D. Martínez M. 2015. Producción y Manejo de Gramíneas Tropicales para Pastoreo en Zonas Inundables. INIFAP - Colegio de Postgraduados. Folleto Técnico. 60p.

ESPAC. 2011. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Retrieved Julio 17, 2017, from http://www.inec.gob.ec/espac_publicaciones/espac2011/INFORME_EJECUTIVO%202011.pdf.

Espinoza. (2008). Determinación de las principales malezas en potreros y su relación con las prácticas de manejo realizadas en las ganaderías bobinas de la provincia de los

Ríos. Obtenido de dspace.espol.edu.ec:
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11990/3/Tesis%20Y.%20Espinoza>.

Gómez Villalva, Juan Carlos, Aguirre Terrazas, Lucrecia, Gómez Pando, Luz, Reyes Borja, Walter, Rodríguez Álava, Johns, & Arana Vera, Lenin. (2020). Dosis letal media para inducir mutaciones, con rayos gamma, en pasto janeiro (*Eriochloa polystachya* Kunth). Revista de Producción Animal, 32(1), 73-83. Epub 12 de abril de 2020. Recuperado en 15 de agosto de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202020000100073&lng=es&tlng=es.

González, C. y Soto, E. 2005. Manual de ganadería doble propósito. 1 ed. Maracaibo, pag 37.

Gutiérrez-Mora, a., Santacruz-Rubalcaba, f., Cabrera-Ponce, J., & Rodriguez-Garay, B. 2003. Mejoramiento Genético vegetal in vitro E. Gnosis. E. Gnosis, 0. Recuperado el 12 de marzo de 2019, de <http://www.redalyc.org/pdf/730/73000104.pdf>.

Hernández Villarreal, AE. 2013. Caracterización Morfológica de Recursos Filogenéticos. Bio Ciencias. 2(3): 113-118.

INIAP. 2015. Manual de pastos tropicales. Asesor Universidad de Florida Ex Técnicos del Programa de Pastos y Ganadería.

Intriago, M.D. 2013. Comportamiento agronómico y valor nutritivo de seis gramíneas forrajeras con fertilización química en la zona de pichincha. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ingeniería agropecuario, Quevedo.

Lagoda, P. (2012). Effects of Radiation on Living Cells and Plants. En Q. Shu, B. Foster, & H. Nakagawa (Edits.), Plant Mutation Breeding and Biotechnology (págs. 123-133). Vienna: S.L. CABI (Centre for Agriculture Bioscience International). Joint FAO IAEA.

León, R. 2006. Pastos y Forrajes Producción y Manejo. Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército.

- Lozada, J., & Raffo, P. (2008). Descripción del manejo agronómico de los pastos *Brachiaria decumbens* *Braquiaria*, *Eriochloa polystachia* Janeiro, *Panicum maxicum* Cauca, *Brizantha* Pasto mulato buen pasto, Estrella *Cynodom pletostachyus*, en las haciendas San Carlos, Rancho Elena, La Victoria. Obtenido de repositorio.ug.edu.ec: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/3072>.
- Magill B, Solomon J, Stimmel H (2016). Datos de especímenes de trópicos. Jardín Botánico de Missouri. Conjunto de datos de ocurrencia <https://doi.org/10.15468/hja69f> accedido a través de GBIF.org el 2019-04-26. <https://www.gbif.org/occurrence/1260005210>.
- Morón, A. 2008. Fertilización de Pasturas: Respuesta y Relación de Precios para la Producción de Carne y Leche. Retrieved Agosto 20, 2017, from <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/529/1/112761150508131605.pdf>.
- Nobel, P. S. 2009. Physicochemical and environmental plant physiology (4th ed.) San Diego, CA. Elsevier Academic Press.
- OJEDA, F. 2008 Conservación de Pastos y Forrajes. Ministerio De Educación Superior, Cuba.s.f. Pp. 14 .
- Oliva, R., & Vidal, J. 2006. El Genoma Humano: nuevos avances en investigación, diagnóstico y tratamiento. Barcelona: Publicacions i edicions de la Universitat de Barcelona.
- Olivares, A. 2008. La morfología de especies forrajeras como base del manejo de pastizales (En línea). CH. Consultado, 20 de nov. 2013. Formato PDF. Disponible en <http://www.agronomia.uchile>.
- Olivares, A. 2008. La morfología de especies forrajeras como base del manejo de pastizales (En línea). CH. Consultado, 20 de nov. 2013. Formato PDF. Disponible en <http://www.agronomia.uchile>.
- Palma, J. 2006. Los sistemas silvopastoriles en el trópico seco mexicano. Revista Científica Producción Animal. Vol. 14. No.3. p. 95-104.

- Pérez. 2006. Gramíneas forrajeras con potencial para sistemas de producción de ganadería bovina. Gramíneas forrajeras con potencial para sistemas de producción de ganadería bovina. La libertad, Colombia.
- Prina, A. 1989. Consideraciones sobre la aplicación eficiente de la mutagénesis inducida en fitomejoramiento. Mendeliana, 9(1), 5-49.
- Prina, A., Landau, A., Pacheco, M., & Hopp, E. 2010. Mutagénesis, TILLING y EcoTILLING. En G. Levitus, V. Echenique, C. Rubinstein, E. Hopp, & L. Mronginski (Edits.), Biotecnología y Mejoramiento Vegetal (Segunda edición ed., págs. 217-228). Castelar, Argentina: Argenbio INTA.
- Relief, C. 2015. preparación del suelo. En C. Relief , Pastos y forrajes (pág. 46). Nicaragua : Catholic Relief Services.
- Rolando, C. et al. 1989 Manual de Pastos Tropicales. Quito-Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Manual N° 11. 5-9, 21-24, 30-31, 35-36pp.
- Rosero, J. 2011. Pastos y Forrajes en la alimentación del ganado. Retrieved Julio 20, 2017, from <http://revistatierraadentro.com/index.php/ganaderia/194-pastos-y-forrajes>.
- Sánchez, T. 2008. Producción de leche con vacas Mambí de Cuba en pastoreo y complementando en bancos de proteínas. EEPF IH. Resumen de investigación, 5pp.
- Terán, C. (2015). Evaluación de variedades de pastos a la aplicación de dosis de fertilización edáfica y foliar en la zona de Vinces para valorar el porcentaje de biomasa, contenido de proteína.
- Torres Calderón, EE. 2007. Identificación y caracterización in situ de germoplasma de mamey (*Mammea americana* L.) en la Facultad de Ciencias Agronómica, con potencial genético en zonas productoras de El Salvador. Tesis Ing. Agr. San Salvador, SV, UES. 128 p.
- Villalobos, L., & Sánchez, J. 2010. Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. Producción de biomasa y fenología. Agronomía Costarricense, 12.

CAPITULO VIII

SUSTENTABILIDAD EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ARROZ YAGUACHI Y CEDEGE

Fernando Javier Cobos Mora

Universidad Técnica de Babahoyo

<https://orcid.org/0000-0001-8462-9022>

Walter Oswaldo Reyes Borja

Universidad Técnica de Babahoyo

<https://orcid.org/0000-0002-1706-0793>

Reina Concepción Medina Litardo

Universidad de Guayaquil

<https://orcid.org/0000-0002-3305-3112>

Iris Betzaida Pérez Almeida

Universidad ECOTEC

<http://orcid.org/0000-0001-5929-892X>

Palabras claves: Sustentabilidad, sistemas de cultivo, arroz, salinidad.

Resumen

Se realizaron estudios en Guayas y Los Ríos para caracterizar los sistemas de cultivo de arroz. Uno bajo las condiciones de salinidad de Yagwachi y el otro sin problemas de salinidad en el sector CEDEGE. Se desarrollaron indicadores económicos, sociales y ecológicos para los sistemas de cultivo de arroz estudiados. Las evaluaciones de sostenibilidad por indicadores han permitido identificar de manera objetiva los puntos clave de estas localidades. Como resultado, encontramos que uno de los aspectos importantes para lograr la sostenibilidad en la región de Yaguchi es el medio ambiente. Según el índice de salinidad, el análisis físico-químico del agua utilizada para riego supone un riesgo de

salinidad moderado a alto. Los indicadores de uso de plaguicidas mostraron valores bajos debido al uso intensivo de plaguicidas y fertilizantes. En el aspecto económico, las dos ubicaciones no han alcanzado el nivel mínimo de sostenibilidad. Esto se debe a que mantienen un sistema de monocultivo que genera pérdidas de ingresos adicionales y una falta de diversidad de alimentos y productos utilizables. Socialmente hablando, los indicadores más persistentes fueron la calidad de vivienda, satisfacción y las relaciones con otros miembros de la comunidad. El índice de sostenibilidad general de Yaguchi y CEDEGE, el nivel de sostenibilidad del cultivo de arroz, fue de 1,92 y 2,12. Desarrollar este tipo de métricas es suficiente para identificar puntos clave, identificar sus causas y proponer soluciones a largo plazo.

Introducción

Uno de los cereales básicos más importantes para el consumo humano es el arroz, con una producción mundial de 510,6 millones de toneladas en 2018, que se prevé sea superada por el trigo con 746,6 millones de toneladas (FAOSTAT, 2018). Se espera que la demanda mundial de este grano alcance las 505 toneladas este año. Los principales países productores son China, India, Indonesia, Bangladesh y Vietnam (FAOSTAT, 2018). en Latinoamérica, Argentina, Uruguay, Perú y Brasil son los mayores productores con rendimientos promedio de 7,5, 8,57, 7,6 y 7,89 t hectáreas (ha)⁻¹ respectivamente, mientras que Ecuador tiene un rendimiento promedio de 4,19 t ha⁻¹, inferior al de Colombia con 5,3 t ha⁻¹ (FAOSTAT 2018).

En 2012 se cultivaron unas 412 hectáreas de arroz, de estos, el 95% se concentran en las provincias de Guayas, Los Ríos y Manabí. Los cantones con mayores volúmenes de producción son Daule (Guayas) y Babahoyo (Los Ríos) (MAGAP 2012). Se puede cultivar en una amplia variedad de suelos y ambientes y el éxito o el fracaso están determinados por el uso de tecnología y genotipos apropiadas para asegurar rendimientos económicos. Además, en un ambiente hostil en aumento debido al cambio climático y las malas prácticas agrícolas. Se estima que el 10% de la superficie de la tierra está libre de estrés y alrededor del 20% de la tierra tiene algún tipo de deficiencia o toxicidad mineral. El 26% se ven afectados por el estrés hídrico y el 15% por temperatura. De los 230 millones de hectáreas regadas a nivel mundial, 45 millones de hectáreas (20%) están afectadas por la sal (Hoang *et al.*, 2016).

La salinidad es un problema mundial que afecta a casi un tercio de las tierras agrícolas. Este proceso se amplifica en áreas áridas y semiáridas donde el potencial de lavado de sal se reduce debido a la falta de lluvia. La salinidad de esta agua es alta y generalmente supera el límite de tolerancia a la sal de muchas plantas, afectando la producción (Ramírez-Suárez & Hernández-Olivera, 2016).

En Ecuador, la Cuenca del Río Guayas (CRG), que concentra 40.4% de la superficie regable del país, tiene un caudal de agua abundante de 8.847 m³/año, sin embargo, en los suelos de la cuenca hay acumulación de sales. La salinidad se debe a la intrusión de agua salada del río Babajoyo, que ingresa por su desembocadura y acequias, además del mal drenaje (Pozo *et al.*, 2010).

Importancia del arroz

El arroz es el tercer cereal más producido en el mundo, proyectado en 510,6 millones de toneladas en 2018, y el trigo en 746,6 toneladas, el más importante en la dieta humana y que aporta una quinta parte de las calorías consumidas a nivel mundial (FAOSTAT, 2018). El arroz es un alimento básico para aproximadamente el 50% de la población mundial. Aunque este cereal se produce y consume principalmente en Asia, se cultiva comercialmente en más de 100 países de todos los continentes excepto en la Antártida (Díaz *et al.*, 2015).

El arroz alimenta actualmente a más de dos mil millones de personas, un tercio de la población mundial. Según fuentes oficiales, el 90% de la producción mundial depende de pequeños agricultores y comunidades de países subdesarrollados, que suelen poseer menos de 1 hectárea de tierra (SICA, 2008). En su informe sobre el cultivo del arroz 2000-2010, el MAGAP señaló que este grano es importante para el país por ser parte integral de la dieta y la cultura nacional.

Clasificación taxonómica del arroz

Según Andrade & Hurtado (2007), la clasificación taxonómica del arroz es la siguiente:

Reino	Plantae;
Subreino	Tracheobionta

Superdivisión	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Género	<i>Oryza</i> L

Superficie cosechada y producción nacional de arroz

En Ecuador, debido a las características climáticas y geográficas favorables, las áreas arroceras (97%) se concentran en las provincias de Guayas (68,49%), Los Ríos (26,17%) y Manabí (2,94%) (Figura 1). Ecuador tiene hasta tres ciclos de cosecha cada año. (INEC, 2017).

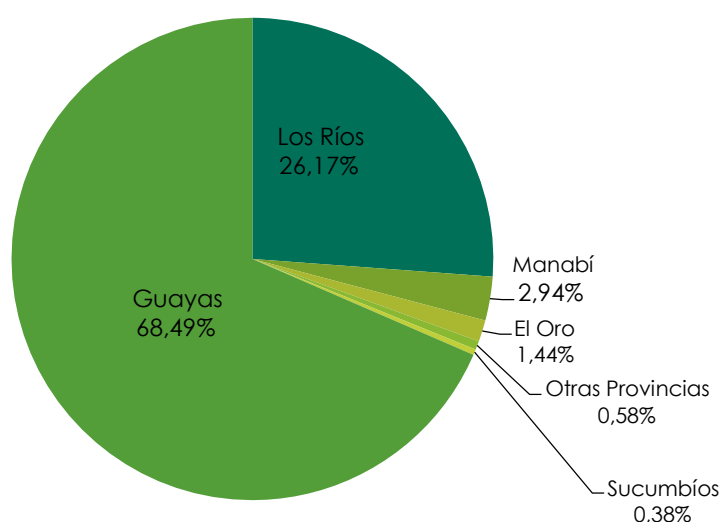


Figura 1. Producción de arroz por provincia (miles Tm)

Fuente: INEC – ESPAC, 2017.

En el Ecuador el cultivo de arroz es el de mayor extensión, el cual representa una tercera parte del total de la superficie destinada a productos transitorios, durante el 2017 se destinaron en promedio 370.406 hectáreas a la cosecha de arroz, de acuerdo a la información

proporcionada por la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), 2017, con un rendimiento promedio de 4.19.

Tabla 1. Producción y superficie del cultivo de arroz 2013 - 2016

Año	Superficie (Ha)		Producción (Tm)	Ventas (Tm)
	Sembrada	Cosechada		
2.015	399.535	375.117	1.652.793	1.534.476
2.016	385.039	366.194	1.534.537	1.432.318
2.017	370.406	358.100	1.066.614	1.017.087

Fuente: INEC - ESPAC 2015 - 2017.

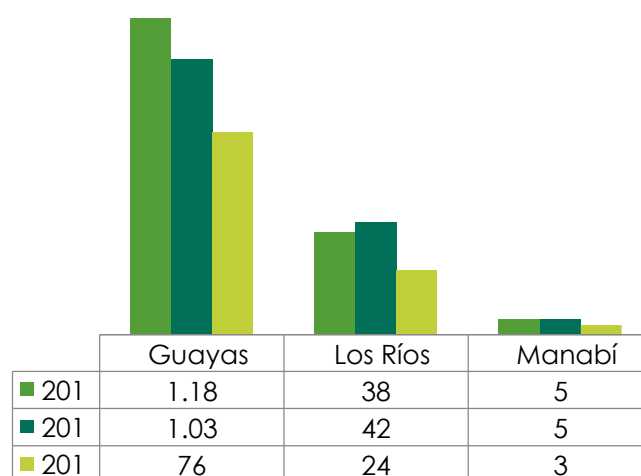


Figura 2. Producción de arroz por provincia (miles Tm)

Fuente: INEC - ESPAC 2015 - 2017.

La mayor parte de la superficie arroceras del país está en manos de pequeños productores que han desarrollado el cultivo mediante la aplicación de diversas técnicas relacionadas con la disponibilidad de recursos económicos, el acceso a la educación y los incentivos de precios de mercado (INEC, 2011).

Según el censo agropecuario de 2000, el arroz es básicamente un cultivo de pequeños y medianos productores, aunque existen fincas de más de 200 hectáreas. El 65% de los productores trabajan en menos de 10 ha, lo que representa el 33% de la superficie cultivada de arroz. Para agricultores con menos de 20 hectáreas, representa 81 UPA (Unidades de Producción Agropecuaria) que ocupan 50 litros de arrozales, y para agricultores con menos de 50 hectáreas, son 93% de las UPAs en 68% del suelo arrocero. La distribución de productores por tamaño se muestra en la Figura 3. Aunque los datos son del año 2000, se presume que los arrozales se han conservado ya que no ha habido mayor movimiento de subdivisión o consolidación de arrozales. (INEC, 2011).

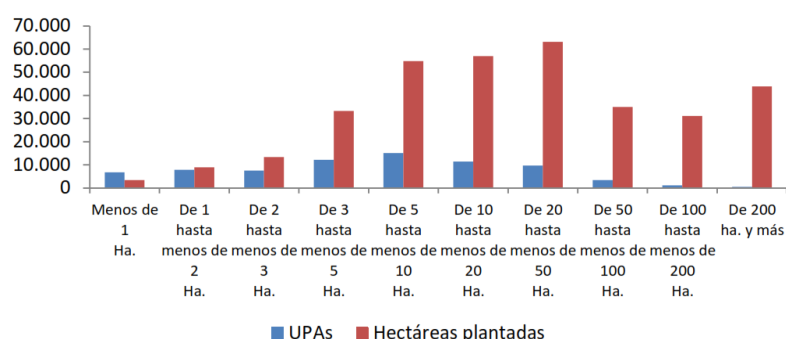


Figura 3: Distribución de productores arroceros por tamaño

Fuente: Censo agropecuario (2000)

Factores agroambientales del cultivo

Los factores agroambientales que influyen en la obtención de buenos rendimientos del cultivo se presentan a continuación:

Tabla 2. Requerimientos agroambientales del arroz

FACTOR	VARIABLE	ÓPTIMA	MODERADA	MARGINAL	NO APTA
SUELO	Pendiente	0 a 5%	5 a 25%	25 - 50%	> 50%
	Textura	Arcilloso (> 60%), Arcilloso, Franco arcilloso (> a 35%), Franco arcilloso (< 35% de arcilla), Franco, Franco limoso, Franco	Arcillo arenoso, Arcillo limoso, Franco arcillo arenoso	Franco arenoso, Limoso	Arenosa (fina, media, gruesa), Arenoso franco
	Profundidad	Profundo, Moderadamente profundo, Poco profundo	Superficial	(-)	(-)
	Pedregosidad	Sin	Pocas	Frecuentes	Abundantes /Pedregoso a
	Drenaje	Bueno, Moderado	Mal drenado	Excesivo	(-)
	Nivel freático	Profundo, Medianamente profundo, Poco profundo	Superficial	(-)	(-)
	pH	Neutro	Ligeramente ácido, moderadamente alcalino	Ácido	Muy ácido / alcalino
	Toxicidad	Sin o nula	Ligera	Media	Alta
	Materia Orgánica	Muy alto, Alto, Medio	Muy bajo	Bajo	(-)
	Salinidad	Sin, Ligera	Media	Alta	Muy alta
	Fertilidad	Alta, Media	Baja	Muy Baja	(-)
	Precipitación (mm/año)	1000 - 2000	800-1000, 2000-3000	3000-4000, 500-800	< 500, > 4000
	CLIMA				
	Temperatura (°C)	22 -30	20-22	18-20	< 17
	Altitud (m.s.n.m.)	0 - 500	500 -1000	1000-1500	>1500

Fuente: INIAP, 2012.

Zonas y sistemas de producción de arroz en Ecuador

El agua es un recurso que influye directamente en las condiciones en que se desarrolla el cultivo. La disponibilidad, las formas de persistencia en el suelo y el manejo son, por lo tanto, la base para distinguir las áreas de arroz en secano y regadío.

Se estima que el 60% del área sembrada es de secano y el 40% bajo riego, cuyos niveles de productividad de las zonas de siembra difieren en gran medida; es así que en el sistema de secano los rendimientos alcanzan 2,5 t/ha (Manabí) y 4 t/ha (Los Ríos); mientras que en el sistema de riego se consiguen rendimientos de 5 t/ha (Daule) y 6,5 t/ha (Macará) (INIAP, 2012).

En el país se realiza la siembra de arroz se realiza bajo los siguientes sistemas:

Bajo riego

En este sistema se obtiene mayor productividad por hectárea, se cultiva en cualquier época del año. Se emplean canales de riego y drenaje para la distribución del agua y se necesita

nivelar el terreno. La siembra se realiza por trasplante, y en forma directa con semilla pregerminada.

Las regiones con mayor volumen de producción son Nobol, Daule, Santa Lucía en Guayas, Palestina, Yaguachi, Zamborondón, Naranjal y Babahoyo en Los Ríos. Macara, Loja y Charapoto, Manabí. La mayor productividad de los cultivos alcanza su máximo potencial a través de las mejores condiciones de iluminación. (INIAP, 2012).

Secano en siembra directa

Este sistema no requiere de ningún tipo de infraestructura y depende exclusivamente del agua de lluvia; se llevan a cabo en zonas altas de los cantones Balzar y El Empalme en la provincia del Guayas, y Vinces, Quevedo, Baba y Ventanas, Montalvo, Mata de Cacao en la provincia de Los Ríos. También se lo encuentra en algunas provincias de la región amazónica ecuatoriana. (INIAP, 2012).

Pozas veraneras

Este sistema consiste en hacer uso de las depresiones naturales del terreno donde el agua se deposita durante la época de lluvia. La siembra se realiza en la medida que el nivel del agua desciende, secando. Se cultiva en los cantones de Yaguachi, Salitre y Samborondón en la provincia del Guayas, y Babahoyo en la provincia de Los Ríos. (INIAP, 2012).

Degradación del suelo por cultivo de arroz

La degradación del suelo es un proceso antropogénico que afecta la física, la biología y la química del suelo; y es generada por la utilización de malas prácticas agrícolas, que afectan su contenido de nutrientes, materia orgánica y destruyen su estructura. Entonces, se promueve la erosión, la salinización, la compactación; como también el desequilibrio químico por uso excesivo e inadecuado de fertilizantes (Andreu *et al.*, 2012).

En la producción de arroz, es evidente la utilización de tecnológicas muy intensivas que alteran las propiedades físicas, químicas y biológicas, factores importantes en el crecimiento de las plantas; es decir, una evidente degradación del agroecosistema que podría terminar en suelos improductivos si no se corrige a tiempo. En otras palabras, hoy es evidente que las diversas actividades humanas generan un alto índice de pérdida del suelo que supera

exponencialmente el de su formación, lo cual, desestabiliza peligrosamente, el equilibrio natural. (MADR, 2013).

La salinización de los suelos

Se explica por la presencia de un alto porcentaje de sal que intoxican a las plantas y reduce la presión osmótica del suelo. La salinización es el proceso por el cual las sales solubles en agua se acumulan en el suelo. Esto puede ocurrir de forma natural o mediante la intervención humana, como el riego y la fertilización. La salinidad puede deberse a la salinidad transportada desde el océano por el viento y las nubes (Zafar 2008). Los problemas con los suelos salinos son causados por un exceso de NaCl. Sin embargo, existen otras mezclas de sales que son comunes cloruros y sulfatos de Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} (Lamz & González, 2013).

La salinidad del suelo es uno de los problemas más graves a los que se enfrenta la agricultura moderna ya que afecta al correcto desarrollo de la mayoría de los cultivos. Este inconveniente tiene efectos negativos sobre el suelo y su entorno, como la reducción de la actividad biológica, la disminución en la disponibilidad de nutrientes, provoca la degradación, genera cambios en la estructura y la desertificación de las tierras, lo que es una limitante para el desarrollo de los cultivos. (Zúñiga, 2011).

Los suelos salinos se clasifican de acuerdo a la conductividad eléctrica, como se muestra en la tabla 3

Tabla 3. Rangos de clasificación de suelos salinos

Clasificación	CE (dS/m)
Normales	0 a 2
Ligeramente salinos	2 a 4
Salinos	4 a 8
Fuertemente salinos	8 a 16

Fuente: FAO, 2012

Problemas relacionados con la calidad del agua de riego

El principal problema con la calidad del agua de riego es la salinidad, el parámetro más común que determina la calidad del agua de riego en relación con la salinidad es CE, como se muestra a continuación:

Tabla 4. Parámetros para determinar la calidad del agua de riego en relación con la Salinidad

Riesgo de salinidad	CE (dS/m)
Bajo	< 0,8
Medio	0,8 – 1,6
Alto	1,6 – 3
Muy Alto	>

Fuente: Guy Sela, 2016

Efecto de la salinidad en las plantas

La salinidad del agua o del suelo es uno de los principales factores de estrés para las plantas y puede afectar la producción de cultivos. Los efectos adversos en el desarrollo de las plantas están asociados con una disminución de la presión osmótica de las soluciones del suelo (estrés osmótico), lo que resulta en una menor absorción de agua por parte de las raíces, desequilibrios nutricionales, efectos específicos de los iones (estrés iónico) o una combinación de todos estos factores. La respuesta de la planta a este fenómeno ocurre en dos fases: osmótica e iónica (Munns & Tester 2008; Roy *et al.*, 2014).

El aumento de la salinidad en el medio limita el potencial hídrico del suelo, en las plantas, el potencial hídrico está en equilibrio con el potencial de la solución externa. Por esta razón, una mayor salinidad en el suelo hace que haya menos agua disponible para las plantas, reduce significativamente el crecimiento, reduce la hinchazón de las células, el área de las hojas y la conductividad estomática (Munns & Testers, 2008). Si la pérdida es mayor que la formación de hojas nuevas, la capacidad fotosintética de la planta no puede suministrar los azúcares que necesitan las hojas jóvenes, lo que reduce las tasas de crecimiento (Munns & Tester, 2008).

Los cultivos de arroz con problemas de salinización se observan con parches de plantas que dejan de crecer y tienen hojas con puntas blancas y algunas hojas presentan clorosis, detiene el crecimiento y a su vez el macollamiento, apareciendo estos síntomas en las primeras hojas luego en la segunda y finalmente en la hoja en desarrollo. Este cultivo es más tolerante en la etapa de germinación, pero sufren efectos al trasplantarse, y en la etapa de floración se incrementa la esterilidad de las espigas reduciendo el peso y el contenido total en el grano, afectando los rendimientos (Dobermann y Fairhurst, 2012).

Los daños indirectos de la salinidad

Los desequilibrios en la composición de las sales en los suelos pueden conducir a una competencia desfavorable entre los elementos, una condición conocida como 'antagonismo'. Es decir, el exceso de un ion limita la absorción de otros iones. Por ejemplo, el exceso de cloruro reduce la absorción de nitrato, el exceso de fósforo reduce la absorción de manganeso y el exceso de potasio limita la absorción de calcio (Dobermann y Fairhurst, 2012).

En suelos que contienen altos niveles de sodio, este desplaza el calcio y el magnesio que son absorbidos en la superficie de partículas de arcilla en el suelo. Como resultado, la agregación de las partículas del suelo se reduce, y el suelo tiende a dispersarse. Cuando está mojado, un suelo sódico tiende a sellarse, su permeabilidad se reduce drásticamente y por tanto, la capacidad de infiltración de agua se reduce también. Cuando está seco, un suelo sódico se endurece y se atterra. Esto puede resultar en daños a las raíces (Bojorkes *et al.*, 2012).

Si se analiza este fenómeno, se puede decir que la compactación es una disminución de volumen en una estructura tan frágil como es el suelo. La reducción del tamaño de los poros conlleva a un cambio de forma y por lo tanto a una modificación de las características físicas del suelo, especialmente la retención y transmisión de fluidos y calor (Bojorkes *et al.*, 2012).

Evaluación de la salinidad

En suelos inundados cultivados con arroz, la EC se mide en solución de suelo o extracto saturado (EC_e). Para el arroz de secano, la CE en la solución del suelo es el doble que la del extracto saturado por debajo del volumen de campo. (Fairhurst y Witt, 2012).

Un índice aproximado de la reducción del rendimiento por salinidad es la siguiente:

- $CE_e < 2$ dS/m: optima, sin reducción del rendimiento.
- $CE_e < 4$ dS/m: leve reducción del rendimiento (10-15%).
- $CE_e < 6$ dS/m: reducción moderada del crecimiento y rendimiento (20-50%).
- $CE_e < 10$ dS/m: >50% de reducción del rendimiento.

En cuanto a la salinidad del agua de irrigación, el índice aproximado es el siguiente:

- pH 6.5-8, $CE_e < 0.5$ dS/m: agua de irrigación de buena calidad.
- pH 8.5-8.4, $CE_e 0.5-2$ dS/m: agua de irrigación de calidad media a baja.
- pH >8.4, $CE_e > 2$ dS/m: agua no apropiada para irrigación.

Salinidad en la cuenca baja del Rio Guayas

Pozo *et al.*, (2010) señalaron que los suelos de los humedales de arroz de la cuenca baja del río Guayas son extremadamente salinos en los horizontes de 0 cm a 20 cm. El estudio se realizó durante dos años, y en el primer año se tomaron muestras en el extremo superior del suelo con valores de 19,70 dS m⁻¹ y 15,80 dS m⁻¹, y en el extremo inferior se encontraba ligeramente salino. 4,90 dS m⁻¹ y 4,50 dS m⁻¹. En el segundo año se muestrearon suelos acondicionados para el cultivo de arroz a profundidades de 0,5 cm y 10 cm. Esto indicó la presencia de acumulación de sales afectando el desarrollo y la producción de las plantas.

Cedeño (2015) afirma que un estudio de conductividad eléctrica (CE) en la cuenca baja del río Guayas mostró que aproximadamente el 51% de todas las muestras evaluadas no presentaban problemas de salinidad. 38,4% de salinidad es ligera (2,1 - 4,0) moderada (4,1 - 8,0) y 10,4% para alta (4,1 - 8) a muy alta (8,1 - 16,0).

Por otro lado, en el agua recolectada en la zona afectada de la Bahía de Guayaquil, se encontró que la CE presenta valores que varían entre 0.17 y 3.77 dS/m. La mayor cantidad de tierras de estos lugares se hallan dedicadas al cultivo de arroz y emplean el agua de los afluentes, sin adecuados sistemas de drenaje y sin prácticas adecuadas de nivelación de suelos.

Consideraciones de la sustentabilidad agrícola

Palomeque, (2016), menciona que la sustentabilidad es la relación entre los sistemas humano y ecológico que permite mejorar e incrementar la calidad de vida, manteniendo simultáneamente, la estructura, las funciones y la diversidad de los sistemas que sustentan la vida. También se puede considerar como el nivel de consumo y actividad humana que puede sustentar las necesidades actuales sin comprometer los recursos del mañana, a fin de que los sistemas que proporcionen bienes y servicios a los seres humanos persistan indefinidamente.

Dimensiones de la sustentabilidad

En el ámbito de la sustentabilidad se establece una complejidad en cuanto a su multidimensión, de escala temporal y espacial que incluye un abordaje interdisciplinario de la misma. La búsqueda de una mayor sustentabilidad debe ser objetiva considerando los cambios del potencial de renta y trabajo (económico), el mejorar la calidad de recursos naturales (ecológico), la inclusión de las poblaciones más pobres y seguridad alimentaria (social). Puede existir variaciones en cuanto al conjunto de atributos básicos que debe poseer un sistema para ser considerado sustentable; éste debe ser analizado, de forma holística y sistémica, en cuanto a las dimensiones ecológica, económica y social (De Muner, 2012; Cobos *et al.*, 2020).

Indicadores de sostenibilidad

Dependiendo del análisis realizado al entorno y según el nivel de conocimiento y profesionalismo del investigador, se pueden realizar modificaciones a los métodos de evaluación planteada por Sarandón (2010), y determinar diversos enfoques de indicadores, que permiten evaluar la sostenibilidad de un sistema. Para esto se identifican un conjunto de variables que representan aproximaciones de la realidad en un subsistema agrario (Bell *et al.*, 2008).

Materiales y métodos

La investigación fue realizada en la Región Costa, Provincias del Guayas y Los Ríos. La primera localidad afectada por sales, es el cantón San Jacinto de Yaguachi, con 15 m.s.n.m., temperatura media anual 24.5 °C - 26 °C y precipitación media anual 750 mm - 1342 mm (Estación meteorológica UTB-2019).

La segunda localidad libre de salinidad, está ubicada en el proyecto “CEDEGE”, cantón Babahoyo, a una altura de 8 m.s.n.m. La temperatura media anual es de 25,5- 26 °C, y precipitación media anual 813,0 mm. (Cobos *et al.*, 2021).



Figura 4: Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: GADPLR. 2014

Descripción de la metodología

El estudio se desarrolló en dos etapas:

- Evaluación de aspectos físicos y químicos de suelo y agua como factores limitantes en la sostenibilidad del sector arrocero de Yaguachi y CEDEGE.
- Análisis de la sustentabilidad de dos sistemas de producción de arroz, uno en condiciones de salinidad en la zona de Yaguachi y otro sin problemas de salinización en el sector de CEDEGE.

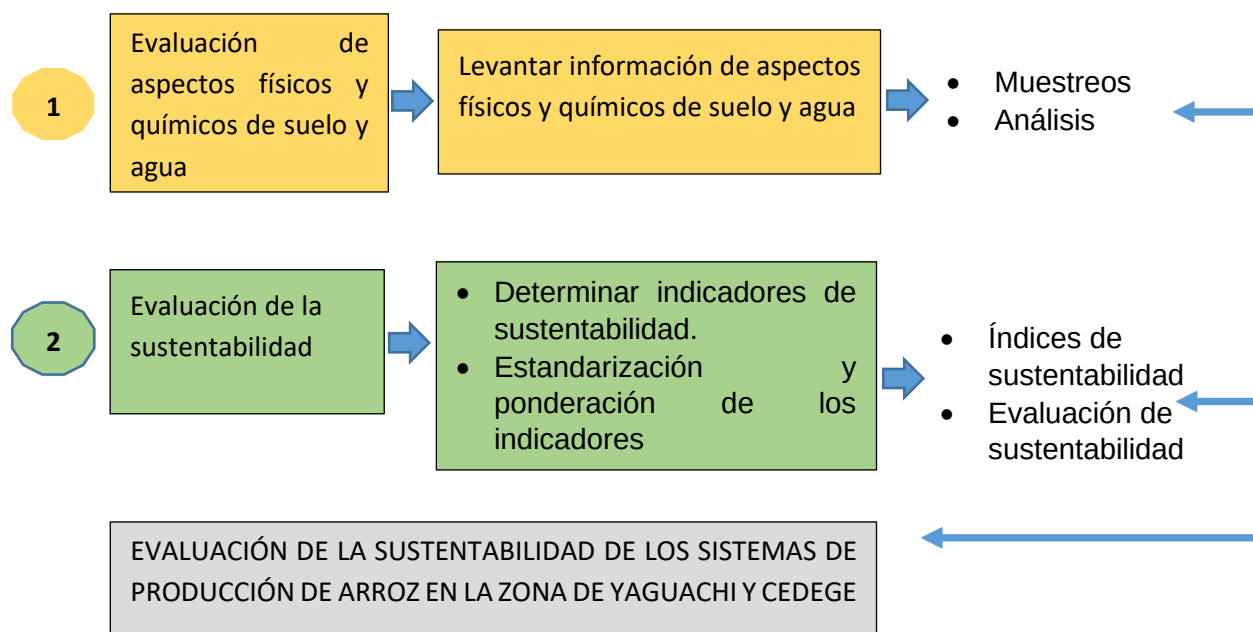


Figura 5: Flujograma metodológico

• **Etapa 1**

En la primera etapa de investigación y desarrollo se utilizaron diferentes métodos y técnicas de trabajo de campo para evaluar la salinidad de suelos y aguas en las zonas de San Jacinto de Yaguachi y CEDEGE.

Se realizó un recorrido terrestre por el área de estudio, del cual se utilizaron 10 muestras de suelo y 10 muestras de agua para riego de arrozales y se tomaron para análisis químicos. Se utilizó un dispositivo de geoposicionamiento (GPS-GARMIN) para medir las coordenadas geográficas de cada sitio de muestreo para facilitar la localización de las muestras de suelo.

Tabla 5. Datos y coordenadas geográficas de las muestras colectadas

CÓDIGO	RECINTO	PROPIETARIO	SECTOR	PROVINCIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
P1	Providencia	Huly Ruiz	Yaguachi	Guayas	2°4'21.73''S 79°39'15.52''O
P2	Hcda. Palo largo	Jairo de Jesús	Yaguachi	Guayas	2°0'27.662''S 79°43'21.48''O
P3	Coop. San Jacinto	Víctor Moncada	Yaguachi	Guayas	2°6'45.62''S 79°45'20.13''O
P4	El Chobo	Sr. Noe Zapata	Yaguachi	Guayas	2°8'40.49''S 79°38'0.13''O
P5	Km 5	Jorge Quiroz	Yaguachi	Guayas	2°6'19.68''S 79°40'59.34''O
P6	4 hermanos	César Murillo	Yaguachi	Guayas	2°4'38.40''S 79°42'45.63''O
P7	Rcto. Vuelta Larga	Wilson Quezada	Yaguachi	Guayas	2°9'3.95''S 79°40'29.68''O
P8	Rcto. La Lola	Pedro Contreras	Yaguachi	Guayas	2°3'27.99''S 79°43'5.41''O
P9	Rcto. Las Mercedes	Fernando Espinoza	Yaguachi	Guayas	2°0'5.428''S 79°37'51.48''O
P10	Caimito	Julio Arreaga	Yaguachi	Guayas	2°0'25.19''S 79°38'45.86''O
P11	Sabaneta	Jorge Quiroz	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	1°50'43.38''S 79°26'49.00''O
P12	Sabaneta	Sr. José Banderas	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	1°51'39.58''S 79°27'37.20''O
P13	Playas	Félix Montero	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	1°51'56.26''S

CÓDIGO	RECINTO	PROPIETARIO	SECTOR	PROVINCIA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
					79°25'43.49''O
P14	Playas	Sr. José Valero	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	1°51'59.97''S 79°26'28.60''O
P15	Cedege	David Mendoza	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	1°53'31.38''S 79°27'27.31''O
P16	La Corona	Raúl Ramírez	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	1°53'19.03''S 79°28'3.16''O
P17	San Pablo	Sr. Juan Andrade	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	1°52'48.76''S 79°25'51.53''O
P18	El Palmar	Sr. Marco Calero	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	1°52'13.25''S 79°27'4.45''O
P19	El Palmar	José Velasco	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	1°53'0.50''S 79°26'40.96''O
P20	El Palmar	Duval Cabrera	Babahoyo (CEDEGE)	Los Ríos	1°52'56.79''S 79°28'5.63''O

Toma de muestras de suelos

Con base en los mapas de suelos del cantón Yaguachi y del sector CEDEGE, se seleccionaron los sitios de evaluación de los cuales se recolectaron las submuestras. El mismo fue evaluado en zigzag para cubrir la máxima variación espacial del lote.

Pasos para el muestreo de suelos

Se limpió la superficie del sitio donde se tomó la muestra de suelo, las submuestras fueron tomadas con una pala haciendo un hoyo en forma de “V” hasta 20 cm de profundidad, para esto se consideró una tajada de 2 - 3 cm de espesor con un cuchillo o machete se eliminaron los bordes, tomándose la parte central de la tajada (no mayor a 5 cm). Las muestras se colocaron en baldes, luego se mezclaron uniformemente y se enviaron al laboratorio como muestras de suelo de 1 kg (muestras mixtas) (De la Rosa D, 2008).

Análisis de suelos

En las muestras de suelos se realizaron las siguientes evaluaciones: contenido de materia orgánica (Walkley, 1947; Nelson, Sommers, 1982), potencial de hidrógeno (pH) (Fassbender, 1987), conductividad eléctrica (CE) (Jackson, 1964). En los elementos, fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc, cobre, hierro y manganeso se utilizará como extractante Olsen Modificado (bicarbonato de sodio en EDTA a pH 8.5) para el análisis de fósforo el método de azul de molibdeno (Olsen, 1982).

En la determinación de azufre y boro, se utilizará como extractante fosfato de calcio ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), 0,008 M, el azufre se cuantificará por un método turbidimétrico (Sharp, 1989) y la determinación de boro por un método colorimétrico con curcumina (Kaplan *et al.*, 1990).

En lo que respecta a compactación, los sondeos de los puntos de evaluación fueron realizados por el penetrómetro DICKY-john®. El cual utiliza un vástago metálico, que se hace descender valorando la resistencia a la penetración (Psi) que el suelo produce y se basa en el estándar ASAE S313.3 (DICKY-john, 2017). La profundidad de muestreo se estableció de 0 a 30 cm, con cinco a diez repeticiones en cada subsitio.

La información es codificada como se indica a continuación:

- **0 a 200 psi. 0 a 13,61 atmósferas**, buenas condiciones para el cultivo.
- **200 a 300 psi. 13,61 a 20,41 atmósferas**, condiciones regulares para el cultivo.
- **300 psi y más alto. 20,41 atmósferas y más alto**, malas condiciones para el cultivo.

Muestreo de agua

Para el muestro del agua se seleccionaron 10 sitios (canales de riego) y pozos, los sitios se seleccionaron utilizando el mapa del cantón Yaguachi y el sector de CEDEGE.

Las muestras se tomaron en la parte superficial de tres sitios diferentes, la cantidad fue de un litro en una botella de polietileno. Esta se llenó hasta al ras del envase, luego fue trasladado al laboratorio.

Métodos de Análisis de las muestras de aguas

Las muestras fueron mantenidas en refrigeración a una temperatura de 4 °C a las cuales se les analizó el pH y Conductividad Eléctrica.

Etapa 2

Los procesos metodológicos de esta fase incluyen: a) diagnóstico rápido del manejo agrícola local considerando factores biofísicos y socioeconómicos fácilmente observables, encuestando a dirigentes arroceros de las comunidades en estudio eligiendo a personas de mayor edad con experiencia y conocimiento de la evolución del lugar Tuesta, (2012);b) Revisión de información secundaria., con representantes de instituciones de investigación del sector (INIAP), para exponer los objetivos de la investigación, alcances e importancia. El propósito fue recibir información y ajustar los indicadores técnicos a evaluar.

La segunda etapa comprendió la realización de una encuesta estructurada con 39 preguntas para obtener la información sociocultural, económica y ecológica. Con la información, se elaboró una base de datos que luego fue procesada.

Población y muestra.

Según el SINAGAP (2014), el cantón Yaguachi en la provincia del Guayas posee 2.235 Upas (Unidad de producción agropecuaria) de arroz. Mientras que Babahoyo en la provincia de Los Ríos mantiene actualmente 5,133 Upas de este cultivo. Con el fin de llegar a una muestra representativa. Se realizarán 92 encuestas en el cantón Yaguachi y 94 en el sector de CEDEGE con un nivel de confianza del 90%, que se obtuvo por el método de proporciones empleando la fórmula propuesta por (Scheaffer *et al.*, 1987).

$$N \sigma^2$$

$$n = \text{-----}$$

$$(N-1) B^2 / 4 + \sigma^2$$

Dónde:

n : Número de muestras

N: Población

σ^2 : varianza = $p \cdot q = 0,5$

B: Límite de error de estimación (10%)

4= Nivel de confianza del 90%

Metodología para evaluar sustentabilidad

La metodología empleada fue "multicriterio", propuesta por Sarandon (2002) que considera a la vez los lineamientos de Smyth y Dumansky (1995). Se emplearon indicadores, subindicadores y variables cuantificables adaptadas al cultivo de arroz, para analizar las dimensiones, económica, ecológica y sociocultural. Las variables tuvieron valores de 0 a 4. Menos sustentable fue 0. (Sarandón *et al.*, 2006). El indicador económico considero los siguientes subindicadores: autosuficiencia alimentaria, ingreso neto mensual y riesgo económico. El indicador ecológico, considero los siguientes subindicadores: conservación de la vida del suelo, riesgo de erosión, manejo de la biodiversidad, Plagas y enfermedades, salinidad. El indicador sociocultural considero los siguientes subindicadores: satisfacción de las necesidades básicas, aceptabilidad de los sistemas de producción, integración social y conocimiento y conciencia ecológica (tabla 6). El Índice de sustentabilidad general (ISGen), se calculó empleando los datos de los indicadores: económico (IK), ecológico (IE) y sociocultural (ISC).

Tabla 6. Principales Indicadores a evaluar la sustentabilidad usando metodología de Sarandón (2002)

DIMENSIÓN	INDICADOR	VARIABLES	ESCALA
Económico	A- Autosuficiencia alimentaria	A1. Diversificación de la producción: Es sustentable si la producción alimentaria es diversificada y alcanza para satisfacer el nivel nutricional de la familia.	(4) ≥ 5 productos (3) de 4 (2) de 3 (1) de 2 (0) ≤ 1 .
		A2. Superficie de producción de autoconsumo: Es sustentable si la superficie destinada a la producción de alimentos para el consumo es adecuada con relación a los integrantes del grupo familiar. Se evalúa superficie de autoconsumo (ha)/N° integrantes de la familia	(4) ≥ 1 ha (3) 0.8 – 0.9 ha (2) 0.5-0.7 ha (1) 0.2-0.4 ha (0) ≤ 0.1 ha.
	B-Ingreso neto mensual por grupo. Es sustentable si puede satisfacer las necesidades económicas del grupo familiar. Estos ingresos son evaluados en UM/mes.	B1. Ingreso neto mensual por grupo. Es sustentable si puede satisfacer las necesidades económicas del grupo familiar. Estos ingresos son evaluados en UM/mes.	(4) $\geq$ de 384 (3) 300-383 (2) 200-300 (1) 100-200 (0) - de 100.
		C1. Diversificación para la venta. Es sustentable si el productor puede comercializar más de 1 producto, ya que, si sufriera alguna pérdida o daño del mismo, podría compensarlo con los demás productos que vende.	(4) ≥ 5 productos (3) 4 productos (2) 3 productos (1) 2 productos (0) ≤ 1 producto.
	C- Riesgo Económico:		(4) ≥ 5 canales
		C2. Número de vías de comercialización. La diversificación comercial disminuye el riesgo económico.	(3) 4 canales (2) 3 canales (1) 2 canales (0) ≤ 1 canal

Fórmulas empleadas para el cálculo de los indicadores de sustentabilidad:

Indicador económico (IK)

$$IK = \frac{2\left(\frac{A1 + A2}{2}\right) + B + \left(\frac{C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6}{6}\right)}{4}$$

Indicador Ecológico (IE)

$$IE = \frac{\left(\frac{A1 + A2 + A3}{3}\right) + B + \left(\frac{C1 + C2}{2}\right) + \left(\frac{D1 + D2}{2}\right) + \left(\frac{E1 + E2 + E3}{3}\right)}{5}$$

Indicador Sociocultural (ISC)

$$ISC = \frac{2\left(\frac{A1 + A2 + A3 + A4}{4}\right) + B + C + D}{5}$$

Índice de sustentabilidad general (ISGen)

Para su cálculo se emplearán los datos de los indicadores económicos (IK), ambientales (IA) y sociales (IS), valorando a las tres dimensiones por igual.

$$ISGen = \frac{IK + IA + IS}{3}$$

Resultados y discusión

Análisis de suelo

Textura

Los resultados para la textura de muestra se reportan en la tabla 7.

Tabla 7. Textura de suelos muestreados

CÓDIGO	SECTOR	TEXTURA DEL SUELO	% MO	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA
P1	Yaguachi	Arcilloso	3.90	16	26	58
P2	Yaguachi	Arcilloso	2.42	14	26	60
P3	Yaguachi	Arcilloso	6.70	16	24	61
P4	Yaguachi	Arcilloso	3.01	12	48	40
P5	Yaguachi	Arcillo-Limoso	3.23	14	46	40
P6	Yaguachi	Arcilloso	2.46	18	33	49
P7	Yaguachi	Arcilloso	2.09	18	43	39
P8	Yaguachi	Arcillo-Limoso	4.08	14	45	41
P9	Yaguachi	Arcilloso	2.94	18	41	41
P10	Yaguachi	Arcilloso	4.37	12	34	54
P11	Babahoyo (CEDEGE)	Arcilloso	3.46	19	48	33
P12	Babahoyo (CEDEGE)	Arcillo-Limoso	3.08	20	50	30
P13	Babahoyo (CEDEGE)	Arcillo-Limoso	2.14	19	50	31
P14	Babahoyo (CEDEGE)	Arcilloso	2.44	21	48	31
P15	Babahoyo (CEDEGE)	Arcilloso	2.13	18	47	35
P16	Babahoyo (CEDEGE)	Arcillo-Limoso	2.73	16	50	34
P17	Babahoyo (CEDEGE)	Arcilloso	3.54	21	49	30
P18	Babahoyo (CEDEGE)	Arcillo-Limoso	2.14	19	50	31
P19	Babahoyo (CEDEGE)	Arcilloso	2.32	21	49	30
P20	Babahoyo (CEDEGE)	Arcilloso	3.4	19	49	32

En la Tabla 7, se presenta la distribución de frecuencia de las diferentes clases texturales, para las 2 localidades, determinadas en los 20 sitios de muestreo. Del cuadro anterior, se desprende que la clase textural predominante en las muestras estudiadas es arcillosa. Esta condición se da, sobre el 70% de los casos, en todas las profundidades de suelo consideradas.

La textura es una propiedad física imposible de modificar, al menos en términos económicos. Su relevancia está dada por que ella define en último término otras propiedades físicas, tales como la estructuración del suelo, la densidad aparente, la macroporosidad y la retención de humedad entre otras.

Macro y microelementos

La tabla 8, muestra los valores para los macros y microelementos.

Tabla 8. Macro y microelementos de suelos muestreados

CÓDIGO	SECTOR	MACROELEMENTOS				MICROELEMENTOS					
		mg/Kg (ppm)		meq/100gr		mg/Kg (ppm)					
		P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Mn	B	Fe
P1	Yaguachi	4.21	0.416	19.0	16.0	7.24	4.55	9.78	51.6	0.69	32.6
P2	Yaguachi	6.98	0.488	19.1	20.3	7.45	1.11	10.3	12.2	0.58	9.9
P3	Yaguachi	7.78	0.388	18.5	12.9	6.34	2.31	21.8	44.4	0.91	34.1
P4	Yaguachi	10.2	0.22	14.9	4.5	7.90	3.20	10.12	21.1	0.98	193.0
P5	Yaguachi	16.4	0.13	16	5.78	7.21	3.30	16.8	140.3	1.13	174.4
P6	Yaguachi	13.9	0.751	20.1	16.4	12.20	1.74	8.08	19.8	0.82	8.3
P7	Yaguachi	37.5	0.19	14.33	3.35	7.90	3.10	12.2	140.0	0.98	253.3
P8	Yaguachi	24.98	0.37	20.29	11.4	7.21	3.70	10.7	94.0	0.87	14.2
P9	Yaguachi	97.3	1.58	23.01	12.7	7.81	15.80	10.7	94.0	1.32	14.2
P10	Yaguachi	3.00	0.284	15.9	10.3	12.90	1.02	25.0	128.5	0.38	89.2
P11	Babahoyo (CEDEGE)	24.67	0.19	16.11	3.8	6.90	3.40	13.1	169.2	1.01	190.5
P12	Babahoyo (CEDEGE)	11.73	0.15	12.85	4.18	7.65	2.40	21.3	247.4	0.96	404.2
P13	Babahoyo (CEDEGE)	30.2	0.12	18.39	3.22	6.45	2.30	11.9	81.4	1.05	86.6

P14	Babahoyo (CEDEGE)	14.5	0.15	15.65	5.15	5.83	2.10	17.6	92.4	0.98	168.2
P15	Babahoyo (CEDEGE)	10.08	0.17	15.69	5.14	5.70	1.90	12.2	144.8	0.90	123.1
P16	Babahoyo (CEDEGE)	11.7	0.1	15.8	4.67	6.71	3.10	9.7	78.2	0.97	81.7
P17	Babahoyo (CEDEGE)	3.9	0.09	18.09	5.41	6.41	1.40	20.9	94.5	1.00	116.2
P18	Babahoyo (CEDEGE)	25.2	0.12	18.22	3.22	6.45	3.30	12.5	82.0	1.05	85.3
P19	Babahoyo (CEDEGE)	6.6	0.12	15.62	5.93	5.62	1.40	15.7	167.9	1.07	122.9
P20	Babahoyo (CEDEGE)	4.42	0.15	20.45	9.85	8.31	1.90	23.6	93.7	1.24	31.5

Macroelementos: en cuanto a fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, como se puede observar en el Cuadro 8, las cantidades de Yaguchi son claramente superiores a las contenidas en la zona CEDEGE. Esto probablemente se deba a que en la región de Yaguachi, que se encuentra a menor altura, se depositan sustancias finas que son atraídas de la sierra por las lluvias, y estas sustancias están asociadas a bases intercambiables (Ca, K, Mg).

En cuanto al contenido de microelementos en el área de estudio, la tendencia es opuesta a la de los macroelementos. Es decir, el sector CEDEGE tiene mayores contenidos de Cu, Fe, Mn y B que la zona Yaguachi. Estos resultados apuntan a la movilización de microelementos metálicos (Cu, Mn, Zn, Fe) preferentemente movilizados por sistemas orgánicos en el suelo, mientras que los macroelementos (K, Ca, Mg) son movilizados por sistemas inorgánicos.

pH y conductividad eléctrica

En la Tabla 9, se presentan los resultados para el pH y conductividad medidos en las dos localidades.

Tabla 9. Valores de pH y CE de las dos localidades evaluadas.

CÓDIGO	SECTOR	pH	CE (dS/m)	Clasificación del suelo según FAO
P1	Yaguachi	6.53	9.3	Fuertemente salinos
P2	Yaguachi	7.51	5.0	Salinos
P3	Yaguachi	7.28	6.8	Salinos
P4	Yaguachi	6.92	5.4	Salinos
P5	Yaguachi	5.32	6.5	Salinos
P6	Yaguachi	7.20	7.0	Salinos
P7	Yaguachi	6.25	4.2	Salinos
P8	Yaguachi	6.94	9.4	Fuertemente salinos
P9	Yaguachi	7.02	9.2	Fuertemente salinos
P10	Yaguachi	7.49	7.4	Salinos
P11	Babahoyo (CEDEGE)	6.24	1.1	Normales
P12	Babahoyo (CEDEGE)	5.39	1.8	Normales
P13	Babahoyo (CEDEGE)	6.12	1.9	Normales
P14	Babahoyo (CEDEGE)	6	2.0	Normales
P15	Babahoyo (CEDEGE)	5.99	1.7	Normales
P16	Babahoyo (CEDEGE)	6.6	1.1	Normales
P17	Babahoyo (CEDEGE)	5.73	2.7	Ligeramente salinos
P18	Babahoyo (CEDEGE)	6.12	0.3	Normales
P19	Babahoyo (CEDEGE)	6.05	1.8	Normales
P20	Babahoyo (CEDEGE)	6.32	2.2	Ligeramente salinos

Tomando en consideración los resultados del análisis de la salinidad de muestras de suelos correspondientes a la zona de Yaguachi. Se puede apreciar que todas las muestras presentan salinidad con niveles de: 4.2 para salinidad y 9.3 para fuertemente salinos.

Estos resultados son un testimonio de que los suelos de esta zona presentan problemas de salinidad, que en la actualidad estarían causando efectos negativos en el comportamiento de los cultivos que se realizan en estos sitios.

Con respecto al sector de CEDEGE, los resultados de las determinaciones de conductividad eléctrica sugieren que en estos suelos no existen problemas relacionados con el contenido de sales. Es de destacar que la CE en ningún caso supera los 4 dS/m, la cual es el límite para clasificar como suelo salino.

Compactación

En esta sección se presentan los resultados de la medición de la compactación de la zona de Yaguachi y CEDEGE.

Tabla 10. Valores de compactación evaluadas.

CÓDIGO	SECTOR	(Psi)	Condición
P1	Yaguachi	300	Malo para cultivo
P2	Yaguachi	200	Regular para el cultivo
P3	Yaguachi	230	Regular para el cultivo
P4	Yaguachi	200	Regular para el cultivo
P5	Yaguachi	230	Regular para el cultivo
P6	Yaguachi	260	Regular para el cultivo
P7	Yaguachi	180	Bueno para cultivo
P8	Yaguachi	250	Regular para el cultivo
P9	Yaguachi	270	Regular para el cultivo
P10	Yaguachi	230	Regular para el cultivo
P11	Babahoyo (CEDEGE)	150	Bueno para cultivo
P12	Babahoyo (CEDEGE)	160	Bueno para cultivo
P13	Babahoyo (CEDEGE)	150	Bueno para cultivo
P14	Babahoyo (CEDEGE)	150	Bueno para cultivo

P15	Babahoyo (CEDEGE)	150	Bueno para cultivo
P16	Babahoyo (CEDEGE)	120	Bueno para cultivo
P17	Babahoyo (CEDEGE)	200	Regular para el cultivo
P18	Babahoyo (CEDEGE)	100	Bueno para cultivo
P19	Babahoyo (CEDEGE)	150	Bueno para cultivo
P20	Babahoyo (CEDEGE)	180	Bueno para cultivo

En la zona de Yaguachi de 0-30 cm de profundidad, la mayoría de las mediciones mostraron valores de RP (resistencia a la penetración) superiores a 180 psi. De lo anterior se puede inferir que un alto porcentaje de suelos estudiados con valores de RP superiores a 200 psi presentan un alto grado de compactación que afecta negativamente el desarrollo radicular.

En el caso de CEDEGE, entre los 0 y 30 cm de profundidad, un gran porcentaje de las muestras presentó valores de RP inferiores a 200 Psi. Lo cual indica suelos con bajo grado de compactación, lo cual permite una mayor infiltración y exploración de raíces.

Análisis en muestras de agua.

Análisis químicos medidos a las muestras de agua; Yaguachi y CEDEGE.

Tabla 11. Valores de pH y CE de las dos localidades evaluadas.

CÓDIGO	SECTOR	pH	CE (dS/m)	Riesgo de salinidad
P1	Yaguachi	7.5	2.1	Alto
P2	Yaguachi	6.9	1.5	Medio
P3	Yaguachi	7.7	1.7	Alto
P4	Yaguachi	7.5	1.9	Alto
P5	Yaguachi	7.5	1.8	Alto
P6	Yaguachi	7.5	1.7	Alto

P7	Yaguachi	7.6	1.4	Medio
P8	Yaguachi	7.8	2.5	Alto
P9	Yaguachi	8.2	2.7	Alto
P10	Yaguachi	7.5	1.3	Medio
P11	Babahoyo (CEDEGE)	7.1	0.5	Bajo
P12	Babahoyo (CEDEGE)	7.2	0.2	Bajo
P13	Babahoyo (CEDEGE)	7.1	0.1	Bajo
P14	Babahoyo (CEDEGE)	7.2	0.5	Bajo
P15	Babahoyo (CEDEGE)	7.9	0.6	Bajo
P16	Babahoyo (CEDEGE)	6.6	0.2	Bajo
P17	Babahoyo (CEDEGE)	7.5	0.9	Medio
P18	Babahoyo (CEDEGE)	7.6	0.2	Bajo
P19	Babahoyo (CEDEGE)	7.5	0.3	Bajo
P20	Babahoyo (CEDEGE)	7.6	0.7	Bajo

Según los resultados, se puede apreciar que la zona de Yaguachi presenta una conductividad eléctrica (CE) de 1.3 a 2.7 dS/m de acuerdo a las directrices para evaluar los problemas de salinidad, las restricciones de uso para esta zona son de alta a moderada con alta probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

Para la zona de CEDEGE presenta una conductividad eléctrica (CE) de 0.2 a 0.9 dS/m., el agua de riego de esta fuente se clasifica en salinidad media y baja, que puede utilizarse para el riego siempre y cuando haya un cierto grado de lavado, donde las plantas moderadamente tolerantes a las sales, pueden producir adecuadamente sin prácticas de control de salinidad, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

En general de acuerdo a la clasificación de la FAO, el pH de las aguas muestreadas que llegan a las parcelas se encuentra dentro la amplitud normal (6.6-8.2) de neutro a moderadamente alcalino por lo que no es un factor limitante para el normal desarrollo de las plantas.

Análisis de la sustentabilidad de los sistemas de producción de arroz en la zona de Yaguachi y CEDEGE

Dimensión Económica

Los productores de Yaguachi y CEDEGE en su mayoría mantienen sistemas de monocultivo con 42% y 52% respectivamente, generando pérdidas de ingresos adicionales y escasez de productos que pueden ser utilizados para la alimentación. Mientras tanto, otro grupo de productores, 33% y 34% respectivamente, cultivan otros cultivos en sus tierras, tales como: son: plátano, cacao, yuca que generalmente son para la alimentación del grupo familiar y una parte para la comercialización. Estos resultados se los reflejan las figuras No. 6, 7.

En el sistema arrocero Yaguachi con 69% del área dedicada al cultivo se divide en 5 ha, 15,3 ha y 11,4 ha, mientras que en CEDEGE es de 5 ha, 19,3 ha y 10,4 ha para el 63%. Se puede observar que en ambos sectores los productores poseen más de 5 hectáreas de tierra.

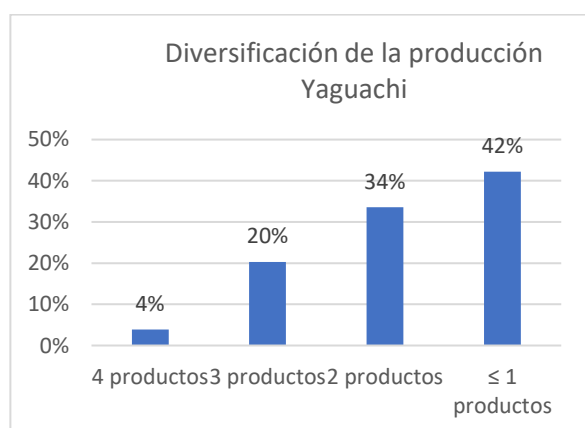


Figura. 6. Diversificación Yaguachi

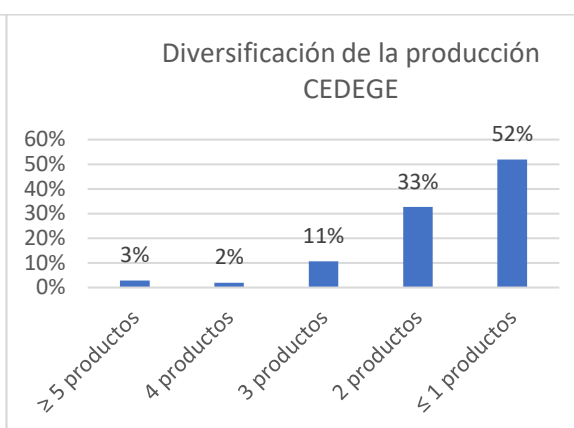


Figura. 7. Diversificación CEDEGE

La superficie dedicada al autoconsumo se concentra en 0,2-0,4 ha en Yaguachi y CEDEGE, con valores del 59% y 60% respectivamente. De igual manera, el 50% de los productores de Yaguachi y el 59% de los productores de arroz de CEDEGE ofrecen un producto al mercado. Estos resultados están asociados a la gran presencia de monocultivos y poca diversificación

de cultivos en estas regiones. El ingreso neto mensual de los productores de arroz supera los \$384 por mes, 55% para Yaguachi y 58% para los productores de CEDEGE. (Figuras 8 y 9)

En cuanto al acceso a créditos, tanto los productores de Yaguachi como los de CEDEGE no cuentan con líneas de crédito. El 70% y el 66% de los productores de arroz dijeron que sus servicios no se brindan porque tienen una sola fuente de financiamiento, en su mayoría informal y más conocida en los medios como 'fomento'. En cierto sentido, los agricultores se ven obligados a vender sus productos a los prestamistas cuando recurren al financiamiento informal del propietario o comerciante de la piladora. Porque esta es una de las condiciones bajo las cuales se puede emitir el crédito. (Figuras 12 y 13)

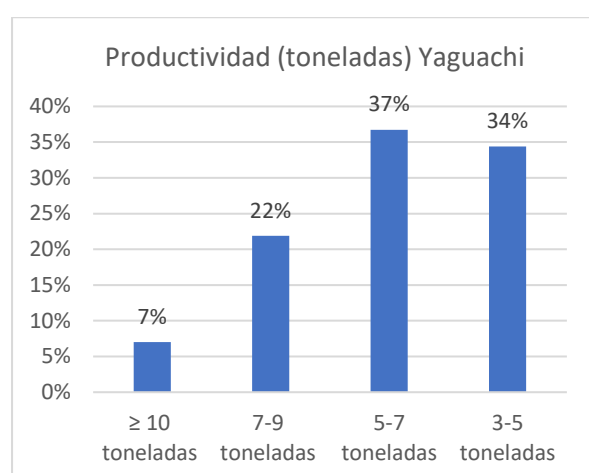


Figura. 10. Producción Yaguachi

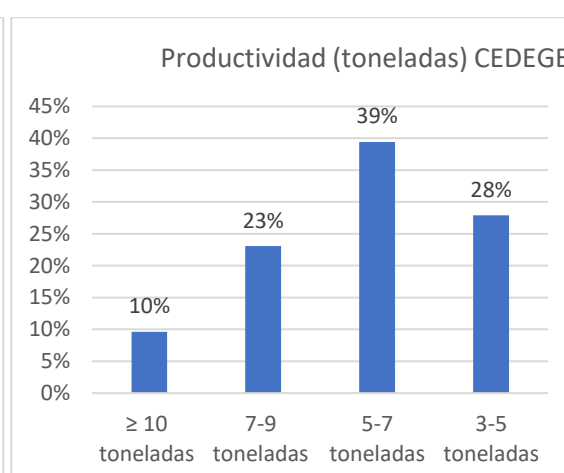


Figura. 11. Producción CEDEGE

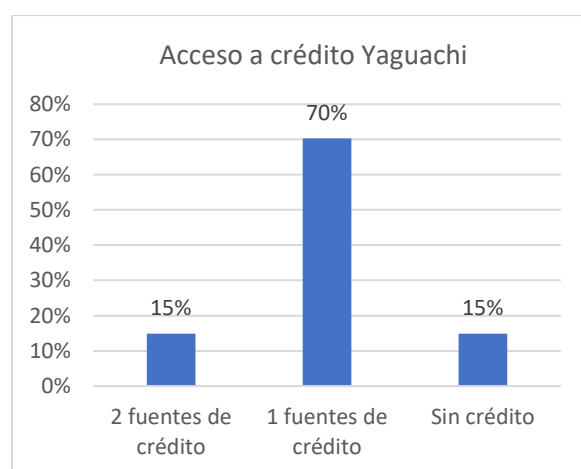


Figura. 12. Producción Yaguachi

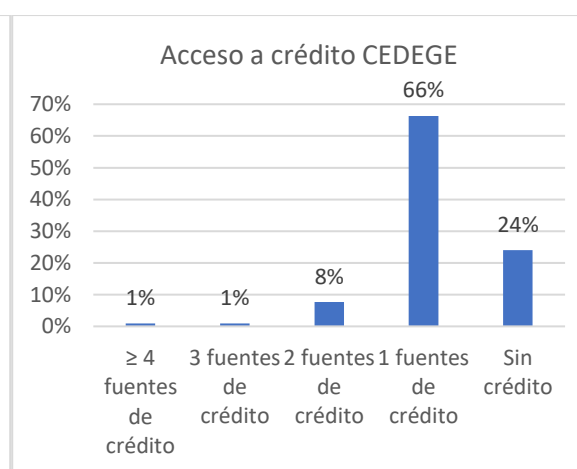


Figura. 13. Producción CEDEGE

Dimensión Ecológica

Los productores de Yaguachi y CEDEGE, manejan poca cobertura vegetal ya que el 90% y 88% respectivamente mantienen <del 25 % de cobertura, la cual está orientada principalmente a canales y pequeñas áreas de cultivo (yuca, plátano, cacao). El 36% de los productores de Yaguachi, rotan cada 2 a 3 años con cultivos de ciclo corto, un 26% rota todos los años pero no deja descansar el suelo y un 18% no realiza rotaciones, en CEDEGE las proporciones son de 33%, 22% y 34% respectivamente.

En cuanto a la presencia de plagas y enfermedades, la mayoría de los productores de Yaguachi y CEDEGE tienen 30-40% de prevalencia, 48% y 55% respectivamente, mientras que el 29% de productores de Yaguachi, presentan afectaciones de 40 - 50 % y 14% para arroceros en CEDEGE. (Figuras 14 y 15).

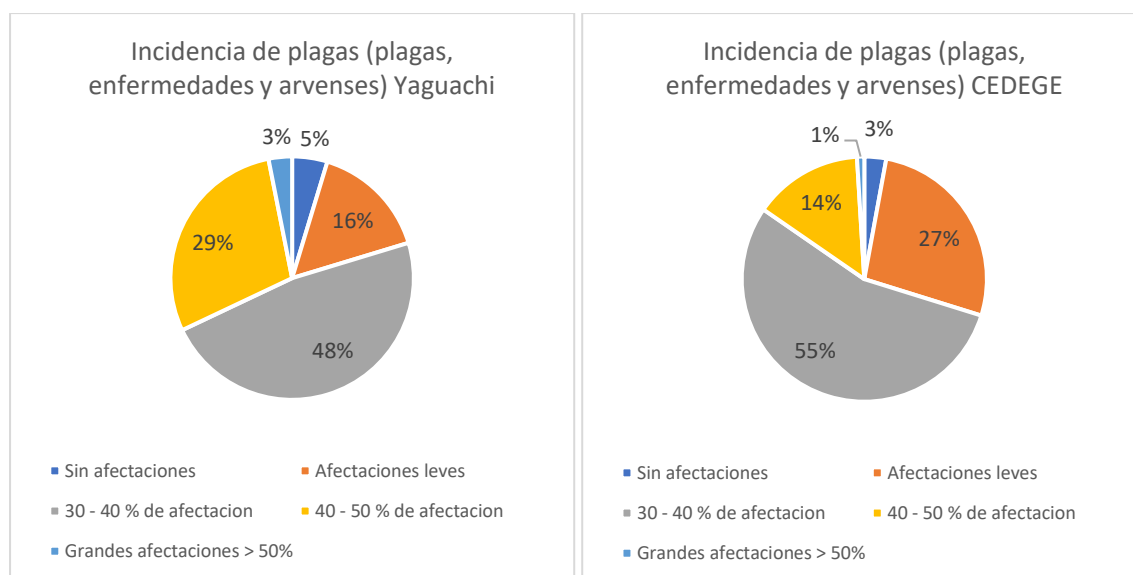


Figura. 14. Plagas y enfermedades Yaguachi **Figura. 15.** Plagas y enfermedades CEDEGE

Con respecto a las aplicaciones de agroquímicos, tanto en Yaguachi como CEDEGE, se puede evidenciar que gran parte de este indicador está concentrado en el rango de 8-9 aplicaciones, con 62% y 46% respectivamente (Figura 16 y 17)

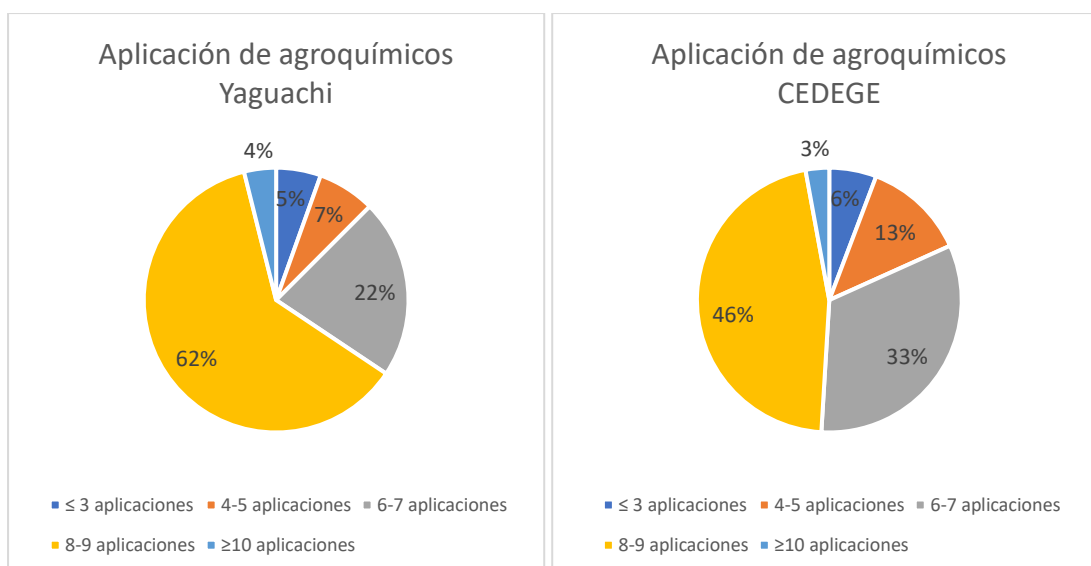


Figura. 16. Plagas y enfermedades Yaguachi **Figura. 17.** Plagas y enfermedades CEDEGE

Dimensión sociocultural

Entre los productores tanto de Yaguachi y CEDEGE consideran y se puede comprobar que su vivienda es de características buenas (79 y 59%, respectivamente), con acceso a colegios además de capacitación (37 y 39%). En cuanto a educación superior tenemos en el mismo orden 18% y 23% de productores cuentan con este tipo de educación.

En la disponibilidad a los servicios de salud el 51% y el 30% de los productores según el orden ya establecido, manifiestan tener un centro sanitario con personal temporario medianamente equipado y solo un 23% y 13% de encuestados cuentan con un centro sanitario con médicos permanentes e infraestructura adecuada. Igualmente en los dos sistemas analizados para la variable de servicios básicos, el 72% y el 71% de los arrocero cuentan con instalación de luz y agua de pozo. Una minoría de cuenta con instalación completa de agua, luz y teléfono cercano (5% y 7% respectivamente).

En cuanto a la aceptación de la condición del sistema arrocero, en los productores de Yaguachi y CEDEGE el 48% y el 43% respectivamente, está contento, pero antes le iba mucho mejor. En el mismo orden, el 12% y el 26 No está del todo satisfecho, se queda porque es lo único que sabe hacer.

La gran mayoría (66% y 54% respectivamente) considera la integración y relaciones con sus vecinos y otros agricultores como muy alta. Los conocimientos y la conciencia ecológica se

presentan en las figuras 18 y 19, siendo los productores de CEDEGE los de mayor fundamento y conocimiento (16%).

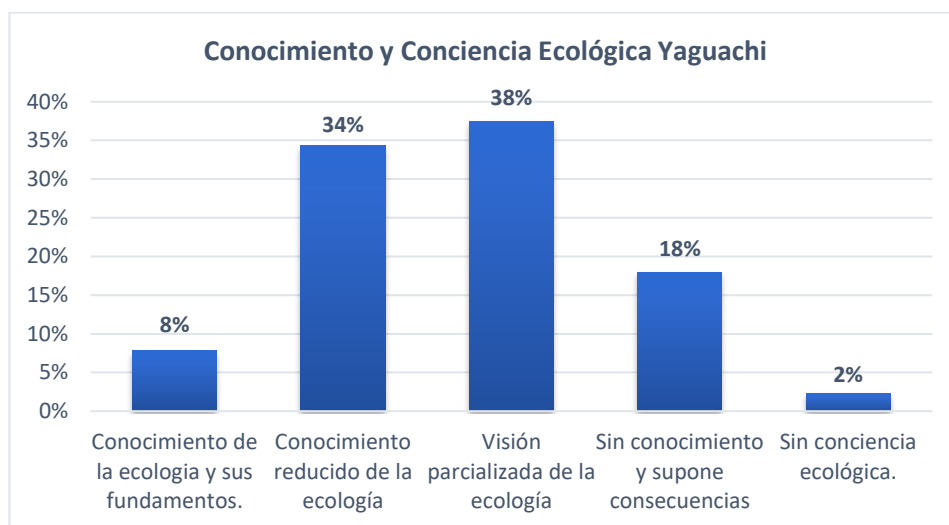


Figura. 18. Conocimiento y Conciencia Ecológica Yaguachi

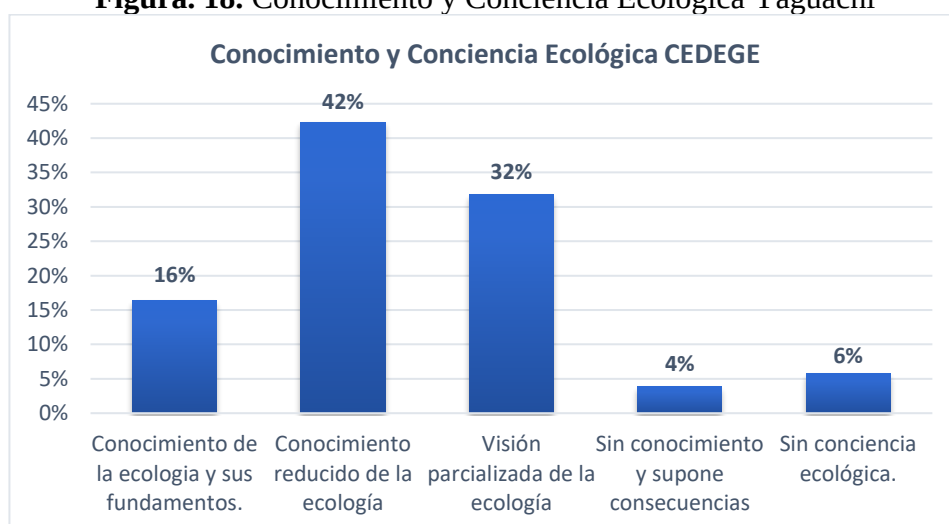


Figura. 19. Conocimiento y Conciencia Ecológica CEDEGE

Evaluación de la sustentabilidad.

Las figuras del 20 al 25 presentes en este capítulo, representan el análisis de la información obtenida como resultado de la investigación. Utilizando los indicadores y sub indicadores ya establecidos, se procedió a valorar según la escala propuesta a cada uno de ellos, empleando la formula respectiva para las dimensiones sociales, ecológicas y económicas, obteniendo los índices de sustentabilidad, graficados en esquemas tipo ameba donde se establecen los puntos críticos de sustentabilidad inferiores o iguales a 2 y los indicadores con sustentabilidad alta, igual o superior a 3:

A1	A2	B	C1	C2	C3	C4	C5	C6
0.86	1.05	3.38	0.71	0.77	1.53	3.43	2.02	1.00

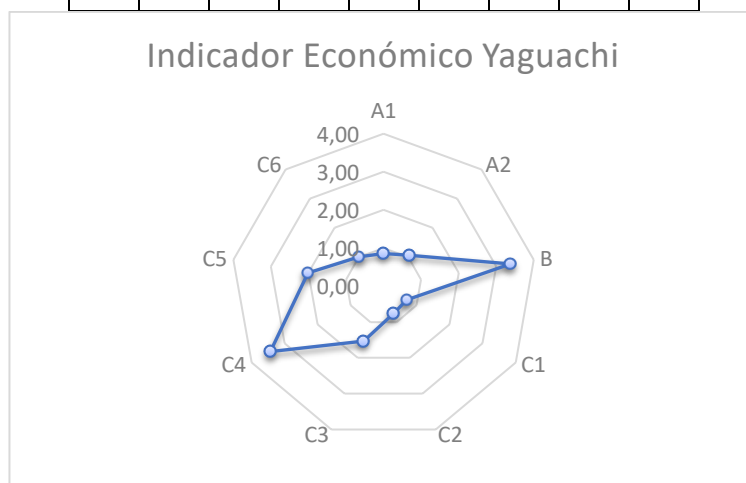


Figura. 20. Indicador Económico Yaguachi: 1.7

A1	A2	B	C1	C2	C3	C4	C5	C6
0.71	0.77	3.52	0.62	0.54	1.52	3.25	2.14	0.88

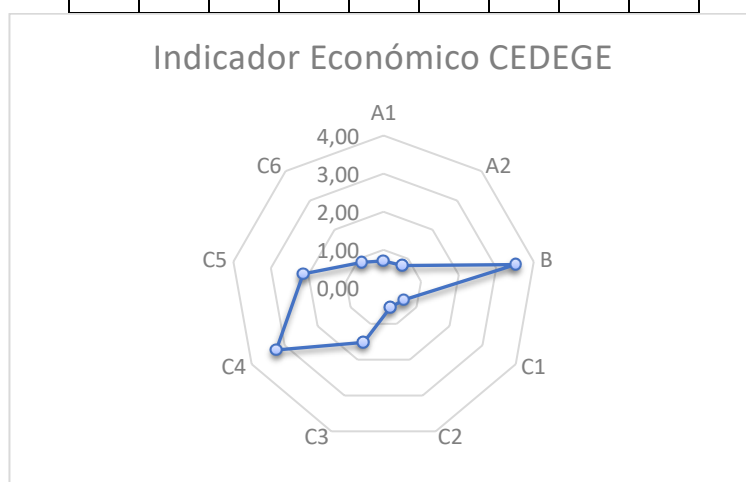


Figura. 21. Indicador Económico CEDEGE: 1.6

A1	A2	A3	B	C1	C2	D1	D2	E1	E2	E3
0.13	1.83	0.86	0.13	1.83	0.86	1.90	1.48	0.20	2.70	1.20

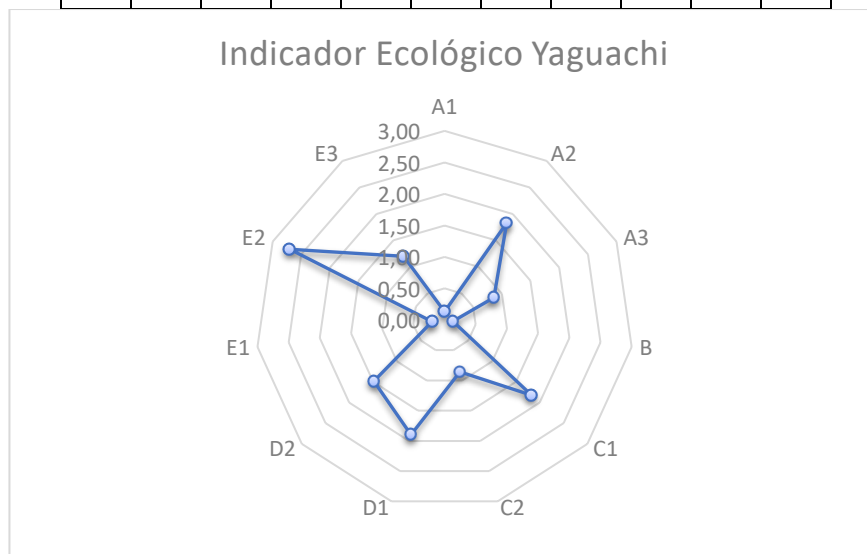


Figura. 22. Indicador Ecológico Yaguachi: 1.6

A1	A2	A3	B	C1	C2	D1	D2	E1	E2	E3
0.15	1.43	0.71	0.15	1.43	0.71	2.16	1.72	3.70	4.00	2.80

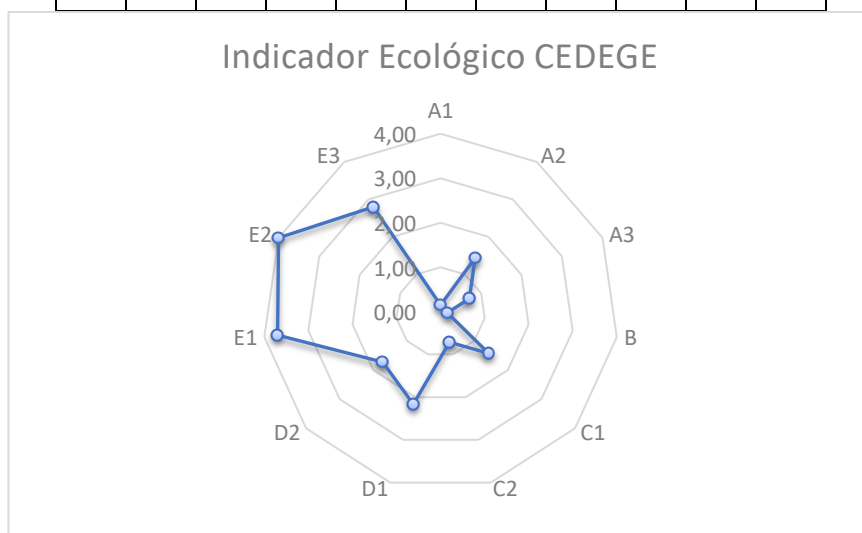


Figura. 23. Indicador Ecológico CEDEGE: 2.9

A1	A2	A3	A4	B	C	D
3.14	2.45	2.42	2.27	3.23	3.64	2.27

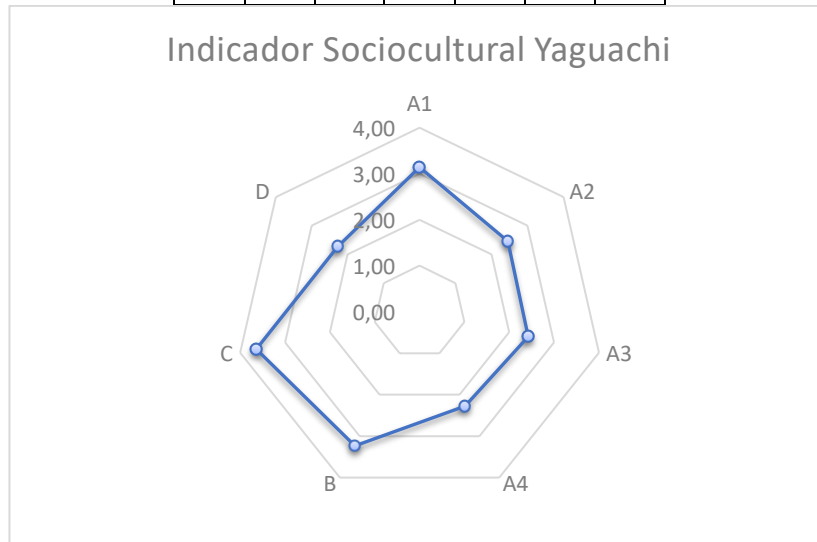


Figura. 24. Indicador Sociocultural Yaguachi: 2.9

A1	A2	A3	A4	B	C	D
2.86	2.51	1.95	2.32	2.90	3.47	2.60

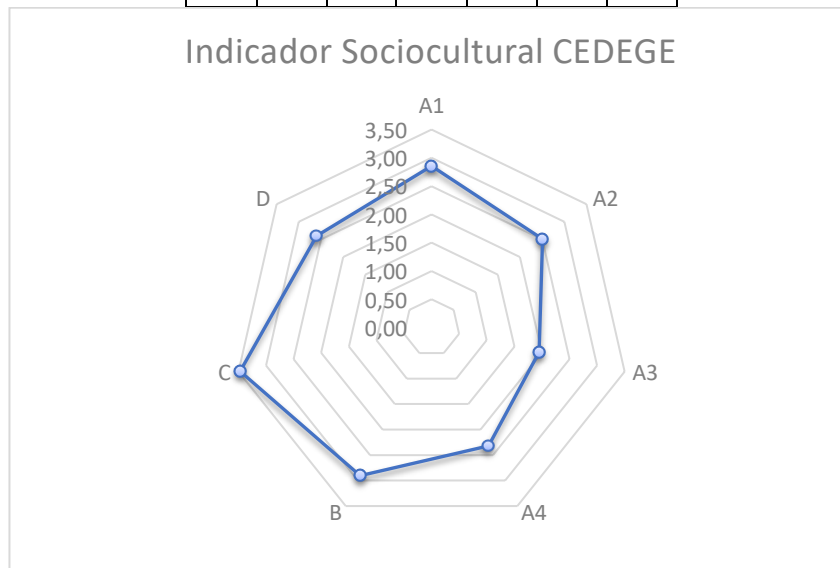


Figura. 25. Indicador Sociocultural CEDEGE: 2.8

El Índice de Sustentabilidad General de Yaguachi obtenido es 2.07, observando que los valores críticos de baja sustentabilidad económica obtenidos de 1 a 2 corresponden a los sub

indicadores de diversificación de la producción, superficie de producción de autoconsumo, diversificación para la venta, canales de comercialización, dependencia de insumos externos y acceso a crédito (A1, A2, C1, C2, C3 y C6), con respecto a los indicadores de la dimensión ecológica, a excepción de salinidad en agua (E2) todos los sub indicadores son críticos a mejorar. En cuanto a la dimensión sociocultural, todos los valores son superiores a 2. (Figura 26)

El Índice de Sustentabilidad General de CEDEGE obtenido es de 2.42 con similares valores bajos en los sub indicadores económicos, en cuanto a los valores críticos de baja sustentabilidad ecológica obtenidos de 1 a 2 corresponden a los sub indicadores: manejo de la cobertura vegetal, rotación de cultivos, diversificación de cultivos, cobertura vegetal, biodiversidad temporal, biodiversidad espacial y aplicación de agroquímicos. Por otro lado, en la dimensión sociocultural, el sub indicador a mejorar es el acceso a salud y cobertura sanitaria (A3). (Figura 27)

Para considerar a una finca como sustentable el Índice de Sustentabilidad General (ISGen) debe ser mayor a 2 y además; ninguna de las tres dimensiones evaluadas debe tener un valor menor a 2 (Sarandón *et al.*, 2006)

En el caso de los sistemas arroceros evaluados de Yaguachi y CEDEGE, a pesar de que aplicando la fórmula ya establecida los 2 sistemas alcanzan un (ISGen) de 2.07 y 2.42 respectivamente, no se consideran sustentables, esto debido a que en los dos sistemas existen dimensiones que presentan valores menores a 2.

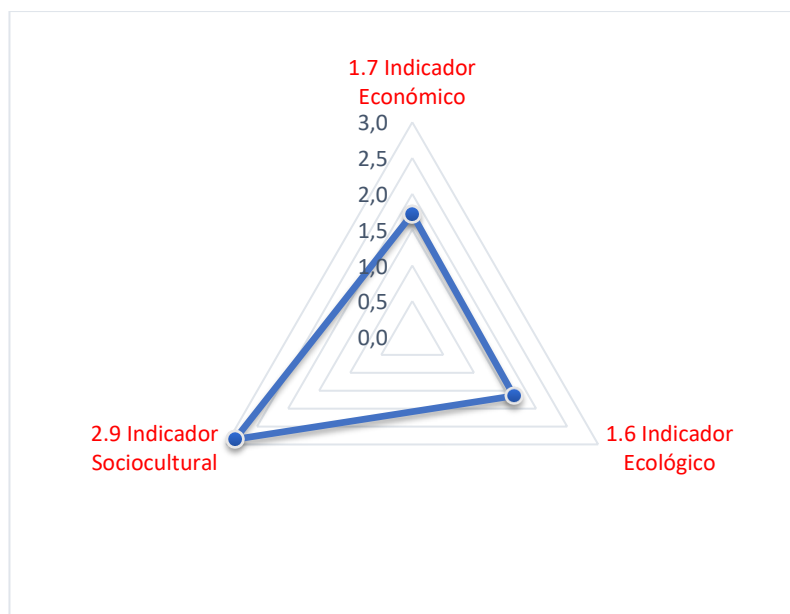


Figura 26. Valor de los indicadores económico, ecológico y sociocultural para la zona de Yaguachi.

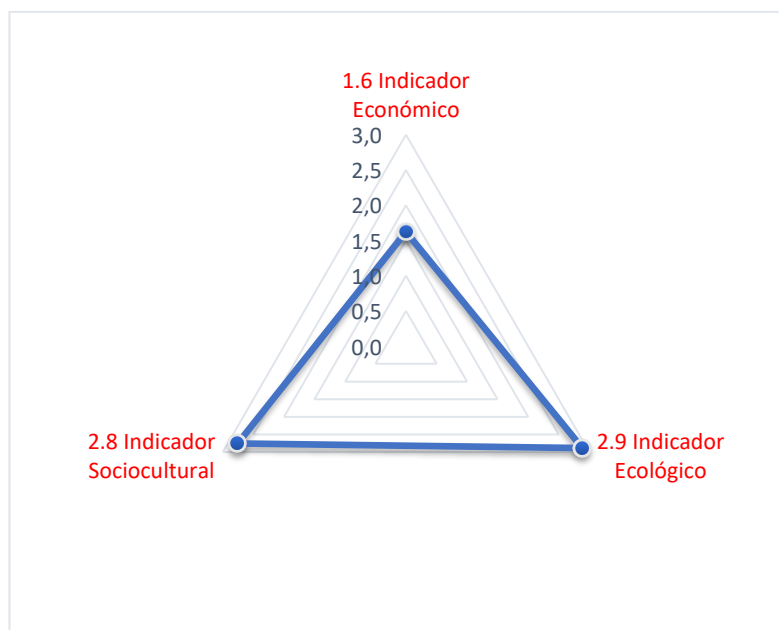


Figura 27. Valor de los indicadores económico, ecológico y sociocultural para la zona de Yaguachi.

Conclusiones

- Existen suelos salinos y agua de mala calidad en Yaguachi que afectan negativamente los niveles de productividad del arroz.

- Sobre el nivel de sustentabilidad del cultivo de arroz, el Índice de Sustentabilidad General para Yaguachi y CEDEGE fue de 1.92 y 2.12 respectivamente; valores determinados mediante el análisis de las dimensiones económicas, ecológicas y socioculturales; mostrando diferencias entre la zona salinizada y la no salinizada.
- En la dimensión económica para las 2 localidades, se identificó causas de la baja sustentabilidad, como es la poca diversificación para la venta

Recomendaciones

- Realizar este tipo de investigación utilizando nuevos indicadores para otros cultivos y determinar la sustentabilidad de estos sistemas de producción.
- Mejorar las variables evaluadas en el sistema de producción de arroz y aumentar la competitividad entre los productores de arroz. Además, los resultados de estos análisis son de gran utilidad para la toma de decisiones y la transferencia de tecnología.

Bibliografía

- Andrade, F., Hurtado, J. 2007. Taxonomía, morfología, crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. Manual No. 66, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. E.E. Boliche.
- Andreau R.; Gelati P.; Provaza M.; Bennardi D.; Fernandez D.; Vazquez M. 2012. Degradación física y química de dos suelos del cordón hortícola platense: Alternativas de tratamiento. Cienc. Suelo. 30: 107-117. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672012000200008.
- Bell, S., Alves, S., Oliveira, S y Zuin A 2010. Migration and Land Use Change in Europe: A Review, Living Rev. Landscape Res., 4 , 2-49. doi:10.12942/lrlr-2010-2, URL (Consultado el 12 de julio 2017): <http://lrlr.landscapeonline.de/lrlr-2010-2>.
- Bojórquez-Quintal J.E., Echevarría-Machado I., Medina-Lara F., Martínez-Estévez, M. 2012. Plants challenges in a salinized world: The case of Capsicum. African Journal of Biotechnology 11, 13614-13626.

- Cedeño E. 2015. Enmiendas para disminuir la salinidad y mejorar la fertilidad de tres suelos dedicados al cultivo de arroz de inundación. Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo, Ecuador. 26-27 pp.
- Cobos Mora, F., Hasang Moran, E., Lombeida García, E., & Medina Litardo, R. (2020). Importancia de los conocimientos tradicionales, recursos genéticos y derechos de propiedad intelectual. *Journal of Science and Research*, 5(CININGEC), 60–78. Recuperado a partir de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/998>.
- Cobos Mora, Fernando Javier, Gómez Pando, Luz Rayda, Reyes Borja, Walter Oswaldo, & Medina Litardo, Reina Concepción. (2021). Sustentabilidad de dos sistemas de producción de arroz, uno en condiciones de salinidad en la zona de Yaguachi y otro en condiciones normales en el sistema de riego y drenaje Babahoyo, Ecuador. *Ecología Aplicada*, 20(1), 65-81. <https://dx.doi.org/10.21704/rea.v20i1.1691>.
- Cobos Mora, F., Gómez Pando, L., Reyes Borja, W., Hasang Moran, E., Ruilova Cueva, M., & Duran-Canare, P. L. (2021). Effects of salinity levels in *Oryza sativa* in different phenological stages under greenhouse conditions. *Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia*, 39(1), e223905. Retrieved from <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/37392>.
- De la Rosa, D. 2008. Evaluación agroecológica de suelos para un desarrollo rural sostenible. Madrid: Mundi Prensa-Madrid.
- De Muner, L. 2012. Sostenibilidad de la caficultura arábica en el ámbito de la Agricultura Familiar en el Estado de Espírito Santo – Brasil. Tesis de doctorado. Universidad de Córdoba, Córdoba – España. 262 p.
- Díaz, S., Morejón, R., Lucinda, D., Castro, R. 2015. Evaluación morfoagronómica de cultivares tradicionales de arroz (*Oryza sativa* L.) colectados en fincas de productores de la provincia Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*, 36, 131 - 141.
- DICKEY-john , 2017. Soil compaction tester. DICKEY-john. Alabama, Estados Unidos.
- Dobermann, A., Fairhurst, T. 2012. Arroz: desordenes nutricionales y manejo de nutrientes. IPNI. 1(2); 155-156 p. ESPAC 2014. Ecuador en cifras. Consultado 20 de junio, 2017. Disponible en línea: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/procesadorde-estadisticasagropecuarias-3/>.
- Estación Meteorológica Babahoyo-UTB (Cod. M0051 – INAMHI. 2019).

- Fairhurst T y Witt C. 2012 Guía práctica para el manejo de nutrientes, Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC);. p. 104.
- FAO. 2012. Guidelines for soil description. Rome, FAO. 110 pp. (also available at www.fao.org/3/a-ac339e.pdf).
- FAOSTAT (2018). Food and Agriculture Organization statistical database. Disponible en: <http://faostat.fao.org/default.aspx> (Consultado: 30 mayo 2018).
- Fassbender, H. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica, 1987. pp 343-357.
- GADPLR. 2014. Plan de desarrollo Provincial de Los Ríos, Ecuador.
- Guy Sela. 2016. La calidad del agua de riego. Smart Fertilizer management, Blog. Recuperado de: <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/irrigation-water-quality>.
- Hoang, Thi My Linh, Tran, Thach Ngoc, Nguyen, Thuy Kieu Tien, Williams, Brett, Wurm, Penelope, Bellairs, Sean, Mundree, Sagadevan 2016 Improvement of salinity stress tolerance in rice: Challenges and opportunities. *Agronomy*, 6:4, 1-2.
- INEC. (Instituto Nacional de Estadística y Censos), 2017. Visualizador de Estadísticas Agropecuarias del Ecuador ESPAC. Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>.
- INEC. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), 2011. Censo Nacional.
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 2012. Lista de variedades liberadas por el INIAP. Quito: Autor.
- Jackson, M. 1964. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega S. A. Barcelona. 662 p.
- Kaplan, D, Burkman, W, Adriano, D. Mills, G, Sajwan, K. 1990. Determination of boron in soils containing inorganic and organic boron sources. *Soil Sci. Soc. Am. J.* V. 54. pp 708-714.
- Lamz Piedra, A., González Cepero, M C. 2013. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos Tropicales*, 34 31-42. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193228546005>.
- Luzuriaga, I, Pérez, G. 2012. *Análisis del financiamiento informal*. Quito: FLACSO.
- MADR. 2013. El arroz: producción en Colombia, Boletín mensual Insumos Y Factores Asociados A La Producción Agropecuaria N 12. p 92. Disponible en:

- http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_junio_2013.pdf.
- MAGAP. 2012. Informe situacional de la cadena del arroz. N° 1. Periodo Enero – Diciembre 2012. Subsecretaria de comunicación. Revisado el 20 de junio, 2017. Disponible en: http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/Comercialización/Boletines/arroz/arroz_2012_1.pdf.
- Munns R., Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59, 651-681.
- Nelson, D., Sommers, L. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. En: PAGE, A. L. (ed) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Second Edition* A.S.A., S.S.S.A., Madison, Wisconsin, U.S.A., pp 539-579.
- Olsen, S. Sommers, L. 1982. Phosphorus Methods of Soil Analysis. *Chemical and Microbiological Properties. Second Edition* A.S.A., S.S.S.A., Madison, Wisconsin, U.S.A. pp 403-430.
- Palomeque M. 2016. Sustentabilidad en sistemas agrícolas de limón (*Citrus aurantifolia* C.), cacao (*Theobroma cacao* L.) Y bambú (*Guadua angustifolia* K.) En Portoviejo-Ecuador. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 9-10 pp.
- Pozo W., Sanfeliu T., Carrera G., 2010. Variabilidad Espacial Temporal de la Salinidad del Suelo en los Humedales de Arroz en la Cuenca Baja del Guayas, Sudamérica 23, 73-79.
- Pozo, W., Carrera, G., Sanfeliu, T. 2010. Variabilidad espacial temporal de la salinidad del suelo en los humedales de arroz de la Cuenca baja del río Guayas, Sudamerica. *Revista Tecnologica Espol.* 23: 73-79.
- Ramírez-Suárez, W M., Hernández-Olivera, L A; 2016. Tolerancia a la salinidad en especies cespitosas. *Pastos y Forrajes*, 39, 235-245. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269149518001>.
- Roy ST, Negrão S., Tester M. 2014 Salt resistant crop plants. *Current Opinion in Biotechnology* 26: 115-124
- Sarandón SJ. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. In: *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable* (Sarandón SJ, ed). Ediciones Científicas Americanas: 393-414.

- Sarandón, S. Flores, C. 2010. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Revista Agroecología, España*.4, p.1-6.
- Sarandon, S.J., Zuluaga, M.S., Cieza, R., Gómez, C., Janjetic, L. & Negrete, E. 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología*, Vol. 1: 19-28.
- Scheaffer R.L, Mendenhall W. & Ott L. 1987. *Elementary Survey Sampling*. Duxbury. Traducido por G. Rondón y J. Gómez A. Grupo Editorial Iberoamericana S.A. de C.V. México D.F. 321 p.
- SICA. 2008. Cultivo de arroz sistema intensificado. Experiencia dedicada a los pequeños agricultores de arroz. Obtenido de <http://sri.ciifad.cornell.edu/countries/ecuador/EcuGilLibroCultivodiArroz08.pdf>.
- SINAGAP, 2014. III Censo Nacional Agropecuario: Referencias del levantamiento censal. (Consultado el 5 de julio 2017) Disponible en <http://sinagap.agricultura.gob.ec/censo-nacional-agropecuario>.
- Tuesta O. 2012. Caracterización y propuesta de manejo sustentable de fincas cacaoteras en la subcuenca media del Río Huayabamba, distrito de Huicungo, San Martín. Tesis de Grado. Universidad Nacional Agraria La Molina. 134 p.
- UTB. 2017, Estación experimental meteorológica. Babahoyo – Ecuador.
- Walkley, A. 1947. Análisis químico de suelos. Ed. Omega S.A. Barcelona, 1964. pp 294-304.
- Zafar M. 2008. Genetic studies for salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). PhD Thesis, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan. 45, 40-41
- Zúñiga Escobar, O. 2011. Evaluación de Tecnologías para la Recuperación de Suelos degradados por Salinidad. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, [S.l.], 64, p. 5769-5779, ISSN 2248-7026. Disponible en: <http://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/26378>

CAPITULO IX

Evaluación de la calidad de agua en la subcuenca del río Babahoyo - Ecuador

Fernando Javier Cobos Mora

Universidad Técnica de Babahoyo

<https://orcid.org/0000-0001-8462-9022>

Martha Uvidia Vélez

Universidad Técnica de Babahoyo

<https://orcid.org/0000-0002-6715-9951>

Edwin Stalin Hasang Moran

Universidad Agraria del Ecuador

<https://orcid.org/0000-0001-6832-2047>

Reina Concepción Medina Litardo

Universidad de Guayaquil

<https://orcid.org/0000-0002-3305-3112>

Palabras claves: Riego, drenaje, subcuenca, conductividad eléctrica, calidad.

Resumen

Este estudio evaluó la calidad del agua de los sistemas de riego y drenaje en la subcuenca del río Babahoyo, Ecuador. Se obtuvieron doce puntos que representan el muestreo de agua para riego agrícola. La calidad del agua se definió con base en índices de calificación de agua específicos para riego agrícola, tales como: salinidad efectiva, salinidad potencial, relación de adsorción de sodio ajustada, carbonato sódico residual, porcentaje de sodio posible, porcentaje de sodio disuelto e Índice de Langelier. Los valores mínimos de RAS fueron de 1,0 y máximos de 2,5 meq/L, con conductividades eléctricas (CE) de 0,7 y 1,6,

respectivamente. El agua se encuentra en la clasificación C1S1 después de la aplicación del método de Richards; presentó un valor bajo de peligrosidad salina y peligrosidad sódica, considerándose apta para el riego.

Introducción

Un factor importante para el desarrollo regional es la disponibilidad de agua, que permite satisfacer las necesidades de los diferentes fines tanto en cantidad como en calidad. Estos aspectos deben ser considerados para una adecuada gestión de este recurso (Choramin *et al.*, 2015). Los recursos hídricos se encuentran bajo una gran presión a nivel mundial debido al aumento de la demanda y uso para diversas actividades. Estas necesidades están reguladas por factores políticos, sociales y ambientales (Moreno y Roldán, 2013).

La calidad del agua utilizada para el riego es una preocupación importante de seguridad, ya que afecta la salud humana y los ecosistemas en general (Graczik *et al.*, 2011). Los microorganismos causantes de enfermedades pueden desarrollarse en diferentes cultivos si el agua es inadecuada. La calidad del agua en este contexto se refiere a las propiedades que pueden afectar los suelos y la vegetación durante largos períodos de uso (Bosch *et al.*, 2012).

Para evaluar su calidad se deben determinar factores como la salinidad y la acidez (Asamoah *et al.*, 2015). La salinidad depende del tipo y cantidad de sales disueltas, por lo que su medición incluye la determinación de la concentración de sales disueltas totales, calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), sodio (Na^+), potasio (K^+), sulfato (SO_4^{2-}), cloruro (Cl^-), carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-) y conductividad (EC) (Arzola *et al.*, 2013).

La salinidad es uno de los problemas abióticos más importantes asociados con las principales pérdidas de cultivos en todo el mundo. Alrededor de una quinta parte de las tierras agrícolas del mundo se ven afectadas en cierta medida por la salinidad. Las principales causas incluyen el cambio climático, el uso excesivo de aguas subterráneas para riego y drenaje. Se espera que los problemas de salinidad empeoren si continúan las tendencias actuales y las malas prácticas de manejo del suelo (Cobos *et al.*, 2020).

La sodicidad se determina por la concentración relativa de Na^+ con respecto a otros cationes. A partir de las variables, se calcula el índice que nos permite determinar la calidad del agua. Estos incluyen tasa de adsorción de Na^+ (RAS), carbonato de sodio residual (RSC), pH, EC,

acidez, porcentaje de sodio posible (PSP), porcentaje de sodio disuelto (PSD), salinidad efectiva (SE), salinidad potencias (SP). (Lingaswamy y Saxena, 2015).

La mayoría de los trabajos realizados sobre este recurso analizan la composición química para consumo humano y doméstico. Pero se carece de información actualizada sobre la calidad del agua para su uso sustentable. Por lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo determinar la calidad de agua para uso agrícola en canales de irrigación ubicados en el proyecto CEDEGE Babahoyo.

Cuenca del Río Guayas

La cuenca del río Guayas forma el sistema fluvial más importante de la costa suroeste de América del Sur. Ubicada en las regiones agrícolas y ganaderas más importantes del Ecuador, cuenta con la mayor concentración de población nacional. De él dependen 9 provincias y 61 cantones. Comprende una gran área geográfica que incluye los sistemas fluviales de los ríos Daule, Babahoyo, Yaguachi y Vinces, con una descarga promedio de 230 m³/s pero superando los 1500 m³/s durante la época húmeda (ESPOL, 2000).

Esta cuenca constituye el mayor centro de producción de bienes agropecuarios tanto para el consumo interno como para las exportaciones. La misma contribuye a la economía nacional con el 40% del Producto Interno Bruto y su producción exportable significa el 85% de las divisas generadas por el cacao, el 80% por el café, y el 40% por el banano. Con relación a los productos de consumo interno, aporta el 93% de la producción de arroz, el 99% de soya, el 74% de caña de azúcar, el 35% de maíz duro y el 15 % de palma africana. (CHL, 2009).

En el pasado, la cuenca ha sufrido ataques naturales por fenómenos físicos y antrópicos que actúan sobre procesos geomorfológicos anuales, principalmente en forma de inundaciones y sequías. Los inviernos de 1982 y 1997 (El Niño) destruyeron las redes de caminos costeros, destruyeron miles de hectáreas de tierras de cultivo, inundaron a cientos de residentes rurales y urbanos, se cobraron decenas de vidas y causaron cientos de miles de muertes, ha causado pérdidas económicas millonarias. Esta área se caracteriza por la importancia económica que representa para el escenario nacional y por ser un problema frecuente causado por inundaciones periódicas (Montaño, 2010).



384

Subcuenca del río Babahoyo

La subcuenca del río Babahoyo es parte de la vía fluvial de la cuenca del río Guayas, siendo los ríos Babahoyo y Daule dos afluentes que forman el gran río Guayas. La subcuenca del río Babahoyo se ubica en el centro-occidente de Ecuador entre las provincias de Los Ríos, Guayas, Cotopaxi, Bolívar, Manabí, Cañar, Chimborazo y Santo Domingo (INOCAR, 2010).

Al norte limita con la cuenca del río Esmeraldas, al sur se encuentran las cuencas de los ríos Zapotal, Taura, Cañar y Santiago. Al este se encuentran las cuencas de los ríos Esmeraldas y Pastaza, y al oeste se encuentran las cuencas Jama, Chone, Portoviejo y Jipijapa. Se extienden entre las latitudes 00°14'S, 02°27'S y los meridianos 78°36'W, 80°36'W (CEDEGE *et al.*, 2002).

Esta subcuenca recorre la zona este de la provincia de Los Ríos, cubre una superficie de 2.940,18 km², equivalente a 41,90 litros del total de la subcuenca del Río Babahoyo, y está compuesta por microcuencas: río Chipe, río Lechugal, estero Calabicitto, río Oncebí, río Jordán, río de las Piedras, río Pijullo, río el Playón, río el Tilimbala, río La Esmeraldas, Estero de Damas, río El Tigrillo, río Las Juntas, río San Antonio, río Viejo, río Cristal y drenajes menores (CEDEGE *et al.*, 2002).

Recursos hídricos

La Cuenca del Bajo Babahoyo cubre una superficie de 7.827 km², casi una cuarta parte del área total de la Cuenca del Río Guayas. Se ubica en la parte centro-oriental de la cuenca e integra ríos que se originan principalmente en la cadena andina. El río San Pablo de las Juntas se origina en el sureste y se desarrolla significativamente en dirección este-oeste hasta unirse al río Catarama para iniciar juntos el río Babahoyo (Caicedo *et al.*, 2019).

Sistema de Riego y Drenaje Babahoyo

El Gobierno Central recibe financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), asistencia técnica de la Comisión de Investigación para el Desarrollo de la Cuenca del Guayas (CEDEGE), y la contratación de la compañía constructora Hidalgo – Hidalgo, implantó entre los años 1975 a 1979. El sistema de riego y drenaje de Babahoyo en Los Ríos se ubica entre las coordenadas geográficas 1°48' - 1°55' - S y 79°30' - 79°18' - O (CEDEGE *et al.*, 2002).

El sistema anterior fue construido para el desarrollo agrícola bajo riego (con protección contra inundaciones) de 9.000 ha. Una red con un patrón de cultivo esencialmente representado por arroz que ha sufrido el siguiente trabajo físico:

- Dos estructuras derivadas, cada una con una toma N° 1 del Río Grande de las Juntas, que riega 4.000 hectáreas. Suministra 5,000 hectáreas netos a (Área A) y N° 2 en el Río San Pablo (Área B).
- Un sistema de agua por gravedad con un total de 111 km de canales principales y laterales revestidos con láminas de hormigón liso de 7 cm y 5 cm de espesor. De esto, 45 km son el Área A y 66 km son el Área B.
- Una red de canales de drenaje primarios y secundarios con una longitud de 102.8 Km, de los cuales 54.2 Km corresponden al área A y 48.6 Km al área B, que desembocan en un colector de 5.3 Km.
- Una red de 125 Km de caminos parcelarios, de los cuales 36 Km están estabilizados con doble sello asfáltico y 89 Km son lastrados.
- Una estación de bombeo para descargar hacia el río San Pablo con un caudal de 18.75 m³/s mediante 5 unidades, el agua que, durante la etapa de lluvias, se acumula dentro del Sistema de riego.
- Diques marginales en todo el perímetro del Sistema, en una longitud de 63.16 Km para el control de las inundaciones.
- Sistematización parcelaria de 4500 has.

El proyecto nunca se ejecutó al 100% ya que se incluyeron 2.000 hectáreas (Área C) en el diseño original durante la construcción. Las obras hidráulicas para captación de agua, conducción y distribución de agua se realizaron únicamente en las Zonas A y B, y se realizaron reajustes de terrenos en más de 5.000 ha, por lo que algunos usuarios pagaron por los trabajos de reajuste de terrenos (Caicedo *et al.*, 2019).

Solubilidad de las sales nocivas para las plantas

Los tipos de sal enumerados son: Cloruros de Na, Ca y Mg. Sulfatos de Na y Mg y bicarbonatos de Na, Ca y Mg, en rocas sedimentarias, capas meteorizadas y suelos, las sales se encuentran predominantemente en forma cristalina. Cuando están húmedos, algunas de

estas sales entran en la fase líquida. El aumento de temperatura aumenta la solubilidad de algunas sales como NaHCO_3 , K_2SO_4 , Na_2SO_4 y Na_2CO_3 . (Ayers y Wescot, 1987).

En cuanto a la precipitación de las sales contenidas en las aguas, estudios han demostrado que en primer lugar se precipitan los hidróxidos de silicio y fierro, después los carbonatos de calcio y de magnesio, enseguida el yeso y los sulfatos de magnesio, y por último cloruros de sodio, potasio y magnesio (Ayers y Wescot, 1987).

Al principio los iones de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , CO_3^{3-} , HCO_3^{3-} , Cl^- y SO_4^{4-} , son extraídos en sus orígenes de las mallas cristalinas de los minerales que conforman las rocas. Se puede señalar que la concentración relativa de los iones depende de los procesos específicos que se presentan en las soluciones de las aguas para riego (Ayers y Wescot, 1987).

Calidad del agua para riego e importancia de su estudio

La calidad del agua se refiere a las propiedades de una fuente de agua que afectan su idoneidad para un uso particular. En otras palabras, qué tan bien la calidad del agua cumple con los requisitos del uso previsto. Al evaluar la calidad del agua para riego, el énfasis está en la química, pero el impacto de su aplicación depende de otros factores como el tipo de suelo, los cultivos regados y las condiciones climáticas (Bresler *et al.*, 1982).

Problemas asociados a la calidad del agua de riego.

La composición y concentración de sales en la solución del suelo puede afectar el crecimiento de las plantas debido a: i) cambio en las propiedades del suelo; ii) efecto de toxicidad y iii) efecto osmótico (Rhoades, 1992).

Los criterios prevalentes para calificar las aguas para riego y el peligro potencial de su uso son:

Salinidad.

Este problema es causado por la acumulación de sales solubles en la zona de raíces de los cultivos a niveles o concentraciones que causan pérdida de rendimiento. Su acumulación se genera ya sea por la contribución directa del agua de riego a partir del ascenso capilar desde napas freáticas cercanas a la superficie. Este último aporte es muy común en zonas áridas y semiáridas bajo riego (Bower, 1964). Otro proceso que contribuye a la salinidad del suelo es la absorción de agua por parte de las plantas, lo que aumenta la salinidad de la solución

del suelo a medida que el suelo se seca. A medida que este fenómeno se repite, se acumula cada vez más sal, cuya concentración eventualmente saliniza el suelo y limita el crecimiento normal de los cultivos. Esto se debe a que la alta salinidad de la zona de raíces aumenta el potencial osmótico de la solución y reduce el agua disponible para la planta.

Las plantas tienen diferentes tolerancias a la sal debido a la propiedad de realizar adaptaciones osmóticas que les permiten crear los gradientes de potencial necesarios para extraer agua de suelos salinos (Richards, 1973; Rhoades, 1992).

Sodicidad

La amenaza de formación de sodicidad del suelo está asociada con la acumulación de sodio intercambiable en el suelo, lo que lleva al deterioro de su permeabilidad y estructura. El riesgo de un agua para producir sodicidad en el suelo han sido expresados por diferentes índices, las distintas alternativas propuestas por diferentes especialistas. El índice más utilizado es el RAS, propuesto por Richards (1973). Aunque empírico, es ampliamente utilizado debido a su correlación con PSI. El PSI se calcula como la relación entre la capacidad de intercambio de sodio y la capacidad de intercambio de cationes (CIC).

La salinización conduce generalmente a un aumento del PSI, ya que las sales de sodio, las más solubles en la naturaleza, pueden permanecer en solución incluso en concentraciones muy altas. El aumento gradual de PSI que resulta del aumento de la concentración de sodio en la solución del suelo se denomina proceso de sodificación. Los suelos con un PSI del 15 % o más se llaman carbonato de sodio. La intensidad del proceso de sodificación depende de la salinidad del agua aplicada al suelo, el aporte anual de agua y la CIC del suelo (Richards, 1973; Rhoades, 1992).

Efecto de toxicidad.

Algunas sustancias disueltas son directamente tóxicas para los cultivos, el problema de toxicidad difiere del problema de salinidad en que ocurre dentro de la planta. Ocurren cuando los iones absorbidos se acumulan en las hojas a través de la transpiración y dañan la planta. La extensión del daño depende del tiempo, la concentración, la sensibilidad del cultivo y el consumo de agua. Los iones del agua de riego que pueden causar daños solos o combinados son el cloro (Cl), el sodio (Na) y el boro (B) (Maas, 1984).

La toxicidad más común del agua de riego es la del cloro, que no es absorbido por el suelo pero se mueve fácilmente a través de la solución desde donde es absorbido por la planta hasta que se acumula en las hojas, síntomas tóxicos marcados como quemaduras en las hojas y tejidos. con necrosis (Maas, 1984). El cloro y el sodio también pueden ser absorbidos directamente por las hojas a altas temperaturas y baja humedad relativa (Maas, 1984).

Los síntomas de toxicidad por sodio son quemazón y muerte del tejido alrededor de las hojas, comenzando en las hojas más maduras, progresando hacia el centro y finalmente en las hojas jóvenes. En los cultivos sensibles, principalmente en los que tienen ciclo plurianual (árboles frutales), los síntomas de toxicidad por Na aparecen en concentraciones de 0.25-0.50% peso seco (Cobos, 2022).

El boro es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, las cantidades requeridas son relativamente pequeñas y se vuelven tóxicas tan pronto como estos niveles superan un umbral (Wilcox, 1960).

Para algunos cultivos, el boro en cantidades tan bajas como 0.2 mg L⁻¹ es esencial, pero se vuelve tóxico en concentraciones entre 1 y 2 mg L⁻¹ (Wilcox, 1960). Los síntomas de toxicidad por boro, que generalmente aparecen primero en las hojas más viejas, son amarillamiento, marchitamiento progresivo y necrosis desde los márgenes hasta la mitad de la hoja, con concentraciones crecientes (Wilcox, 1960; Prieto y Angueira, 1996).

Diagrama para la clasificación de las aguas para riego en función de estos parámetros

Según Cobos, (2022), la concentración total de sales solubles en las aguas para riego, para fines de diagnóstico y clasificación, se pueden expresar en términos de conductividad eléctrica (C.E.); con base en esto, las aguas para riego se han dividido en 4 clases :

Aguas de baja salinidad (C1): $0 \text{ mS cm}^{-1} < \text{CE} < 0.25 \text{ mS cm}^{-1}$, se puede utilizar para regar casi todos los cultivos, en todos los tipos de suelo, con una salinidad mínima del suelo. El lavado del suelo puede ser necesario después de un riego prolongado solo si el suelo es poco permeable y las plantas se ven afectadas por la salinidad.

Aguas de salinidad media (C2): $0.25 \text{ mS cm}^{-1} < \text{CE} < 0.75 \text{ mS cm}^{-1}$, pueden usarse siempre y cuando tengan un grado moderado de lavado de suelos, estas aguas se pueden utilizar para producir cultivos moderadamente tolerantes a la salinidad sin necesidad de procedimientos especiales de control de la salinidad.

Aguas altamente salinas (C3): $0.75 \text{ mS cm}^{-1} < \text{CE} < 2.25 \text{ mS cm}^{-1}$, no es conveniente usarlas para riego en suelos cuyo drenaje sea deficiente, y aun con drenaje adecuado se pueden necesitar prácticas especiales para el control de la salinidad, además de que es necesario que las plantas a regar con estas aguas sean muy tolerantes a la salinidad.

Aguas muy salinas (C4): $\text{CE} > 2.25 \text{ mS cm}^{-1}$, no apto para riego en condiciones normales, pero puede utilizarse ocasionalmente en circunstancias muy especiales. Los suelos deben ser permeables, bien drenados y se debe aplicar exceso de agua para un buen lavado, también es muy importante que los cultivos regados con estas aguas tengan alta tolerancia a la sal.

Las aguas cuya $\text{CE} \leq 0.75 \text{ mS cm}^{-1}$ son satisfactorias en cuanto a concentración de sales, aun cuando los cultivos sensibles pueden ser afectados de manera adversa cuando se usan aguas que presenten $0.25 \text{ mS cm}^{-1} < \text{CE} \leq 0.75 \text{ mS cm}^{-1}$. Las aguas con $0.75 \text{ mS cm}^{-1} < \text{CE} \leq 2.25 \text{ mS cm}^{-1}$ son comúnmente utilizadas, obteniéndose un buen crecimiento de las plantas, siempre y cuando se haga un buen manejo del suelo y se cuente con drenaje eficiente (Richards, 1973; Rhoades, 1992).

El empleo de aguas con $\text{CE} > 2.25 \text{ mS cm}^{-1}$ es una excepción, y en escasas ocasiones se obtienen buenos resultados en las cosechas de los cultivos irrigados con este tipo de aguas.

La clasificación de las aguas para riego, de acuerdo con sus contenidos de sodio, se ha hecho con la intención de prever el efecto del ión sodio sobre los sistemas coloidales de los suelos, además de entender los problemas físico-químicos que se derivan de tener altas cantidades de sodio intercambiable en los suelos. Se sabe que los suelos que tienen altas cantidades de sodio intercambiable poseen un $\text{pH} > 8.4$, alta dispersión de los coloides orgánicos e inorgánicos, y altos contenidos de carbonatos y bicarbonatos de sodio (Richards, 1973; Rhoades, 1992).

Un parámetro muy importante, para clasificar las aguas en base a su contenido de sodio intercambiable, es la Relación de Adsorción de Sodio (RAS), la cual se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}$$

Donde:

RAS = Relación de Adsorción de Sodio

Na = concentración de los iones de sodio expresada en mmolc L^{-1}

Ca = concentración de los iones de calcio expresada en mmolc L^{-1}

Mg = concentración de los iones de magnesio expresada en mmolc L^{-1}

La subdivisión de las aguas de riego, con respecto a la RAS, se basa esencialmente en el efecto que tiene el sodio intercambiable sobre las condiciones físicas de los suelos (Bower *et al.*, 1968). Sin embargo, puede darse el caso de que, aunque los contenidos de sodio intercambiable no afecten las condiciones físicas de los suelos, las plantas sensibles a este elemento pueden sufrir daños a consecuencia de la acumulación del sodio en sus tejidos (Cobos, 2022).

Aguas bajas en sodio (S1): $0 < \text{RAS} < 10$, son aguas que pueden usarse para el riego en la mayoría de los suelos y dar como resultado pocas probabilidades de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. Pero cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

Aguas medias en sodio (S2): $10 < \text{RAS} < 18$, estas aguas solo pueden usarse en suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad.

Aguas altas en sodio (S3): $18 < \text{RAS} < 26$, pueden provocar niveles altos de sodio intercambiable casi en todos los tipos de suelo, por tal razón será necesario prácticas especiales de manejo, buen drenaje, facilidad de lavado del suelo e incorporaciones adicionales de materia orgánica. El riego con estas aguas, sobre suelos con alto contenido de yeso, difícilmente dará lugar al desarrollo de niveles perjudiciales de sodio intercambiable.

Aguas muy altas en sodio (S4): $\text{RAS} > 26$, esta agua es inadecuada para el riego de cultivos agrícolas, excepto cuando su salinidad es baja o media y cuando la disolución del calcio de los suelos y la aplicación de yeso u otros mejoradores en combinación con el uso de este tipo de aguas permite que aun siga siendo rentable el cultivo que se esté manejando.

El riesgo de sodificación de los suelos irrigados depende principalmente de la concentración absoluta y relativa en que se encuentren en el agua de riego los iones de Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ . Si la proporción de Na^+ es alta, será mayor el riesgo de sodificación, y al contrario, si predomina el Ca^{2+} y el Mg^{2+} , el riesgo de sodificación es menor (Bower, 1964).

Estas son las ecuaciones empíricas de la ley de acción de masas entre los cationes solubles y los intercambiables, y delimitan las diferentes clases de sodio. Los constituyentes inorgánicos solubles en forma iónica de las aguas para riego reaccionan con los suelos, y los principales cationes son: Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , y pequeñas cantidades de K^+ ; en tanto que los aniones principales son: CO_3^{-2} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{-2} y en menor cantidad NO_3^- .

Evaluación de la calidad del agua de riego

La calidad del agua de riego está íntimamente ligada al contenido total y al tipo de sales. Para su medición, los indicadores más utilizados son: concentración total desales, concentración absoluta y relativa de iones.

Concentración total de sales (CTS) o sales totales disueltas (STD)

Este indicador es muy utilizado y se expresa en masa de soluto por volumen de agua. La estimación de sales solubles a través de las determinaciones de resistencia eléctrica, se han usado por mucho tiempo ya que se pueden hacer y con precisión. Sin embargo la CE, que es la recíproca de la resistencia, es más aplicable para mediciones de salinidad, en virtud de que la cantidad de corriente eléctrica transmitida por una solución salina en condiciones estándar se incrementa al aumentar la concentración de sales en solución, lo cual simplifica la interpretación de las lecturas (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954). Más aún, al expresar los resultados en términos de conductividad específica hace que las determinaciones sean independientes del tamaño y forma de las muestras. Actualmente la unidad de medición es el decisiemens por metro (dS m^{-1}) a 25 °C, aunque todavía es corriente la utilización de unidades de la CE como milimhos cm^{-1} (mmhos cm^{-1}) o micromhos cm^{-1} .

El mmhos cm^{-1} es utilizado para expresar el contenido salino de un suelo y es numéricamente igual a dS m^{-1} . La segunda, micromhos cm^{-1} , es una unidad muy común para el contenido de sales del agua, ya que la mayoría de las utilizadas confines de riego se encuentran por debajo o muy cerca de 1 dS m^{-1} o 1 mmhos cm^{-1} ($1\text{mmhos cm}^{-1}=1\text{ dS m}^{-1}=0,64\text{ gr L}^{-1}=640\text{ mg L}^{-1}$).

Concentración absoluta de iones

La concentración absoluta de iones específicos en el agua se expresa en la mayoría de los casos utilizando las unidades de concentración meq L^{-1} . Actualmente se prefiere aplicar el sistema internacional de unidades (SI), cuya unidad de concentración de solución es el milimol carga (mmol_c) que es numéricamente igual a meq l^{-1} .

Concentración relativa de iones

Uno de los problemas del uso de agua para riego de mala calidad, es el aumento de la proporción de sodio retenido en el complejo de intercambio del suelo. Este proceso conocido como sodificación tiene importantes consecuencias en las propiedades físicas que afectan principalmente el movimiento de agua en el suelo. Para evaluar la calidad del agua desde este punto de vista, se necesita conocer el contenido relativo de iones; en especial la relación entre el sodio y los principales cationes bivalentes, Ca y Mg (Cobos, 2022).

Según Cobos *et al.*, (2021), la composición de los cationes intercambiables del suelo está relacionada con la concentración de los cationes en la solución, si bien la existencia de un equilibrio entre el agua de riego y la solución del suelo es válida en la mayoría de las situaciones, en ciertas condiciones pueden producirse cambios importantes en las concentraciones de equilibrio por alguna de las siguientes razones:

El sodio, que constituye una parte importante de la salinidad, permanece soluble y en equilibrio con el sodio intercambiable en todo momento, ya que el aumento de concentración debido a la evapotranspiración del agua, la disminución por dilución con la aplicación de agua o el lavado por el drenaje tiene muy poco efecto sobre su concentración en solución, al ser un ión de alta solubilidad (Cobos, 2022).

El calcio, por ser menos soluble, no permanece en solución ni igualmente disponible. Está en permanente cambio hasta que alcanza un cierto equilibrio, produciendo un aumento de su contenido por disolución de los minerales del suelo o una disminución por precipitación desde la solución en forma de carbonato de calcio o yeso (Cobos, 2022).

La disolución del calcio es fomentada por dilución de la solución o a la presencia de CO_2 disuelto en el agua del suelo. La precipitación del calcio se produce cuando la concentración de calcio, carbonatos, bicarbonatos o sulfatos, es lo suficientemente alto como para exceder la solubilidad del carbonato de calcio (caliza) o sulfato de calcio (yeso). Poco después de un

riego, la cantidad de calcio puede variar debido a la disolución o precipitación del calcio contenido en el agua del suelo (Cobos, 2022).

La existencia de estos procesos puede establecer en el suelo una condición de equilibrio diferente de la esperada en función del contenido iónico del agua de riego. La expresión original de la RAS no tiene en cuenta estos cambios, por lo que su uso introduce algún tipo de error en la evaluación del peligro de sodificación (Cobos, 2022).

Con la finalidad de definir un solo indicador del peligro de sodificación que incluyera los posibles cambios en la concentración de calcio, Ayers y Wescot (1976), introdujeron el concepto de la RAS ajustado (RAS_{aj}) propuesto originalmente por Rhoades, (1992). En la siguiente ecuación del RAS_{aj} se tiene en cuenta la concentración de CO_3 y HCO_3 .

Salinidad del agua de riego y tolerancia de algunos cultivos

El exceso de salinidad en la zona de las raíces provoca una reducción general de la tasa de crecimiento de las plantas. El estrés salino incrementa esencialmente la energía que debe utilizar la planta para extraer agua del suelo y realizar el ajuste bioquímico necesario para que el crecimiento relativo no sea afectado (Maas, 1984). Si bien, la salinidad reduce la disponibilidad de agua para los cultivos, estos responden de diferentes formas. Algunos cultivos pueden producir rendimientos aceptables aniveles de salinidad relativamente altos. La Tabla 2 resume la información disponible sobre la tolerancia de algunos cultivos y forrajeras de importancia en la zona (Ayers y Wescot, 1985 y Rhoades *et al.* 1992).

Tabla 1.- Tolerancia de cultivos a la salinidad del agua.

Bajo	Medio Bajo	Mediana	Alto
Frejol	Maíz	Frejol Castilla	Cebada
Zanahoria	Maní	Sorgo	Pastos
Cebolla	Arroz	Soya	Trigo
Aguacate	Caña de azúcar	Sorgo Sudan	Varios pastos
Limón	Brócoli	Zacate Guinea	
	Repollo	Remolacha	
	Coliflor	Lima	

Bajo	Medio Bajo	Mediana	Alto
	Lechuga	Papaya	
	Papa	Plátano	
	Rabino	Banano	
	Espinaca		
	Tomate		
	Pepino		
Fuente: Cobos <i>et al.</i> , (2020)			

Clasificación del agua de riego

Las clasificaciones existentes suponen que el agua de riego ha de emplearse bajo condiciones medias de textura de suelo, velocidad de infiltración, drenaje, cantidad y tolerancia del cultivo a las sales (Richards, 1954). Más aún, la mayoría de ellas se ajustan a las características de clima árido o semiárido con baja precipitación efectiva en suelos de textura franco arenosa o franco arcillosa, pero siempre con buen drenaje interno y capa freática profunda, inexistente, o si es superficial, controlada por un sistema de drenaje sub superficial.

La realidad puede apartarse en mayor o menor medida a estas características, lo cual puede hacer inseguro el uso de un agua que, bajo condiciones medias sería de muy buena calidad y a la inversa, un agua considerada bajo condiciones medias de dudosa calidad podría ser aceptable. Esto se debe tener muy en cuenta cuando se trata de clasificar el agua para riego Richard (1954). Sin embargo, las diferentes respuestas de un mismo cultivo en función de las condiciones ambientales y las prácticas de manejo, así como las diferentes condiciones económicas y disponibilidad del recurso, relativizan la posibilidad de definir una clasificación de la calidad del agua, con validez para todas las condiciones (Prieto y Angueira, 1996).

Cuando se realiza la evaluación del recurso agua con fines de riego deben tenerse en cuenta: i) concentración total de sales solubles, ii) concentración relativa del sodio con respecto a otros cationes, iii) la concentración relativa de bicarbonatos respecto a la de calcio más magnesio y la concentración de boro u otros elementos que pueden ser tóxicos.

Existen diferentes propuestas de clasificación de las aguas destinadas al riego. En nuestra zona se utiliza la propuesta por Richard (1954), del Laboratorio de Salinidad de Riverside, USDA, mientras que en otras situaciones utilizan la propuesta de FAO, que a través de los trabajos publicados de Ayers y Westcot (1985) y Rhoades, (1992), han propuesto lineamientos para la evaluación de la calidad del agua.

Si bien, la clasificación de Richard (1954), aún se utiliza en el país, los resultados experimentales disponibles, y la creciente expansión del riego en regiones con condiciones naturales y de manejo diferentes de aquéllas bajo las cuales fue definida, han reducido considerablemente su utilidad.

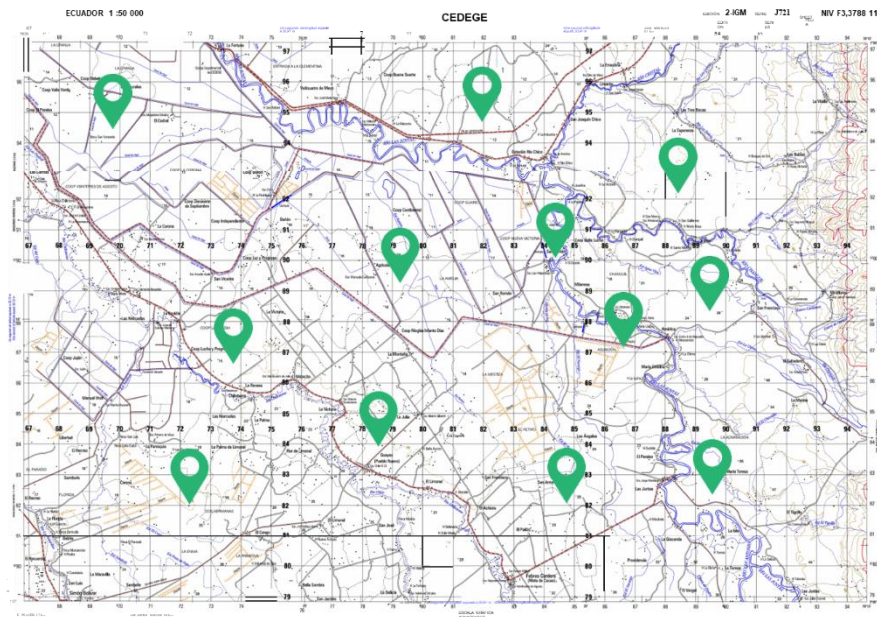
La clasificación de la calidad de agua con respecto al peligro de sodio es más compleja. Las rectas presentadas en el esquema de clasificación de aguas para riego propuesto por Richards 1954, responden a ecuaciones empíricas, que expresan la dependencia del peligro del sodio de la concentración total de sales. La presencia de sales permite mantener el estado floculado y aumentar la permeabilidad del suelo (Quirk, 1971). Quirk y Schofield (1955) midieron la permeabilidad de suelos saturados y para cada nivel de sodio de intercambio encontraron un umbral de concentración de sales al cual la interacción de las partículas de arcilla (expansión y de floculación) tenían un efecto importante en la disminución de la permeabilidad. McNeal y Coleman (1966) concluyeron que suelos con alto contenido de caolinita, sesquióxidos y materiales amorfos permanecían estables aún abaja concentración de electrolitos.

La propuesta de FAO es menos restrictiva en cuanto al contenido salino, incorpora el concepto de interacción RAS-CE para evaluar el peligro de sodicidad e incorpora los métodos de riego en la evaluación de los problemas de toxicidad en aquellos iones que pueden ser absorbidos por las plantas a través de sus hojas (Prieto y Angueira, 1996). En el anexo se presenta las principales directivas para la evaluación de las aguas propuestas por la FAO.

Materiales y métodos

Esta investigación se llevó a cabo en el Cantón Babahoyo (Figura 2), a una altura de 8 msnm, temperatura media anual de 26.3 °C, humedad relativa del 78.8%, precipitación de 2 688.8

mm, evaporación de 1 012.4 mm, heliofanía de 830.4 horas y velocidad del viento de 0.5 m/seg. (Cobos *et al*, 2021).



Fuente: Instituto Geográfico Militar-Ecuador 2019.

Figura 2. Ubicación de la zona de estudio.

Muestreo y análisis de agua

El presente estudio fue experimental, descriptivo y correlacional. Para ello se utilizó la NTE INEN 2176:1998. Calidad del agua. técnica de muestreo. Se utilizó el método de muestreo puntual recomendado para las pruebas de contaminantes y calidad del agua. Luego se utilizó la NTE INEN 2169:98. Manipulación y almacenamiento de muestras. En este caso se utilizó un recipiente de plástico, las muestras se refrigeraron a 4°C. Los puntos de muestreo se establecieron alrededor de los nacimientos de los canales de riego y terminaron en los campos en donde se aprovecha esta agua para irrigación.

Para la determinación de alcalinidad, acidez, cloruros y sulfatos fue utilizado la norma (ASTM 1995). Para la determinación de nitratos sulfatos, conductividad y salinidad la norma (APHA-AWWA-WEF 2005).

Aptitud del agua para su uso en irrigación

Para clasificar el agua de riego se determinó la conductividad eléctrica (CE) y la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) para. Además, se calcularon los índices Salinidad efectiva

(SE), Salinidad Potencial (SP), Porcentaje de sodio posible (PSP), Porcentaje de sodio disuelto (PSS), Carbonato Sódico Residual (CSR), Índice de Langelier (IL) (Tabla 1). También se realizó el análisis de conglomerados (Distancia Euclidiana-Ward).

Tabla 2. Ecuaciones utilizadas para estimar la aptitud del agua para riego

Índice	Ecuación
Relación de Adsorción de Sodio (Richards, 1954)	$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$
Carbonato de Sodio Residual (Eaton, 1950)	$CSR = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$
Salinidad Efectiva (Doneen, 1975)	$SE = \text{suma de cationes}^* - (CO_3^{2-} + HCO_3^-)$ $SE = \text{suma de cationes}^* - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$
Salinidad Potencial (Doneen, 1975)	$SP = Cl^- + 1/2 SO_4^{2-}$
Porcentaje de Sodio Posible (Palacios y Aceves, 1970)	$PSP = \frac{Na^+}{SE} \times 100$
Porcentaje de sodio disuelto (Ayers y Westcot, 1985)	$PSS = \frac{Na}{\Sigma \text{Cationes}} * 100$
Índice de Langelier (Ayers y Westcot, 1985)	$IL = pH_{real} - pH_{calculado}$

*Si la suma de cationes es menor que la suma de aniones, se utiliza la suma de aniones en lugar de la de cationes

Con los datos de la Conductividad Eléctrica (CE) y la Relación de Adsorción de Sodio (RAS), se estimó la calidad de agua para riego según la aplicación de la norma de Riverside (Richards, 1954):

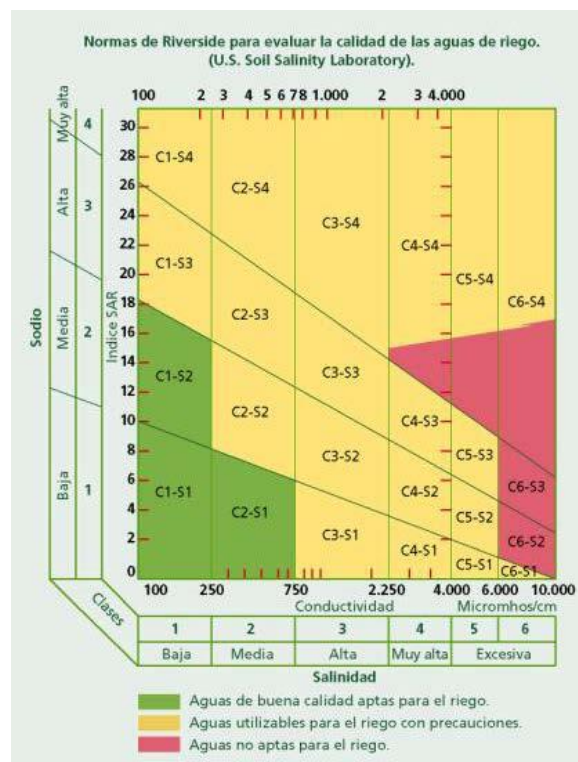


Figura 3. Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego.

Fuente: Richards, (1954)

Tabla 3. Ecuaciones utilizadas para estimar la aptitud del agua para riego

Tipos	Calidad y normas de uso
C1	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.
C2	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
C3	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C4	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando

	volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C5	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
C6	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
S1	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S2	Agua con contenido medio en sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario
S3	Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
S4	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

Fuente: Richards, (1954).

Resultados y discusión

A continuación, se presenta el análisis de la calidad de las aguas del sistema de riego y drenaje Babahoyo para usos agrícolas.

Análisis de agua

La Tabla 4 muestra las determinaciones físico-químicas obtenidas. El pH de las muestras estudiadas fluctuó entre 7,66 y 8,05 (media 7,3), en general de acuerdo a la clasificación de la FAO, el pH de las aguas muestreadas que llegan a las parcelas se encuentra dentro de la amplitud normal de neutro a moderadamente alcalino por lo que no es un factor limitante para el desarrollo de las plantas. Con los valores de conductividad eléctrica (CE), se obtuvo una media de 1,2 dS/m⁻¹ con un rango mínimo y máximo de 0,7 y 1,4 dS/m⁻¹, respectivamente. El agua de riego de estas zonas se clasifica como de bajo a medio riesgo de salinidad, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. Por lo que puede utilizarse para el riego siempre y con cierto grado de lavado. Las concentraciones de iones que contribuyeron a la salinidad del agua en orden decreciente fueron sodio, magnesio y potasio. Como se ha descrito, el sodio fue el catión predominante con valores promedio de 4,4 meq/L.

Tabla 4. Características fisicoquímicas de agua

Variables	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
pH (U)	7,5	7,5	7,6	7,5	7,2	7,5	7,6	7,0	7,0	7,0	7,1	7,2
Conductividad Eléctrica (dS/m ⁻¹)	1,2	0,9	1,2	1,1	0,8	0,9	1,2	0,7	1,2	1,6	1,4	1,3
Potasio (meq/ ⁻¹)	1,63	6,13	1,55	1,24	2,55	2,66	1,05	1,25	2,67	1,45	0,17	0,2
Calcio (meq/ ⁻¹)	9,37	4,39	7,98	8,03	6,4	6,27	9,86	5,77	7,76	9,09	6,02	9,22
Magnesio (meq/ ⁻¹)	3,97	3,79	3,14	5,19	2,8	4,2	4,19	2,85	3,22	5,28	3,22	5,25
Sodio (meq/ ⁻¹)	4,89	3,33	4,43	2,5	2,6	4,23	4,48	3,5	3,85	6,55	5,44	6,61
Cloruro (meq/ ⁻¹)	7,64	4,2	6,4	8,2	3,2	2,3	9,2	2,82	4,45	7,64	3,49	8,1
Carbonatos (meq/ ⁻¹)	3,5	0,8	3,2	1,8	0,9	0,6	2,9	1,2	0,9	2,8	0,7	2,2
Bicarbonatos (meq/ ⁻¹)	8,9	7,4	11,09	6,09	7,13	4,05	12,9	12,5	12,43	14,76	12,38	7,53
Sulfatos (meq/ ⁻¹)	6,84	4,22	6,47	4,44	3,61	3,2	3,57	2,97	3,72	6,41	2,98	2,41

Aptitud del agua para su uso en irrigación

De acuerdo con la clasificación de Wilcox el 100% de los BA tuvieron agua de buena calidad C_1S_1 (baja salinidad y baja en sodio) de acuerdo con las Normas de Riverside (Figura 4). Por otra parte, en los índices calculados el RAS indica el riesgo potencial del exceso de sodio sobre los elementos calcio y magnesio, los valores oscilaron entre 1.2 y 2.5. Mediante el CSR se estima la peligrosidad del sodio cuando la concentración de carbonatos y bicarbonatos es mayor que la de calcio más magnesio, el rango obtenido para este índice fue de -5.8 a 5.1 meq L^{-1} . Otro parámetro para estimar la sodicidad es el PSP, el cual se refiere a la proporción de sodio sobre el total de cationes cuando hay precipitación de carbonatos de calcio y magnesio, así como sulfato de calcio, con valores de 25.1 a 61.6% mientras que el PSD osciló entre 14.7 y 36.6%.

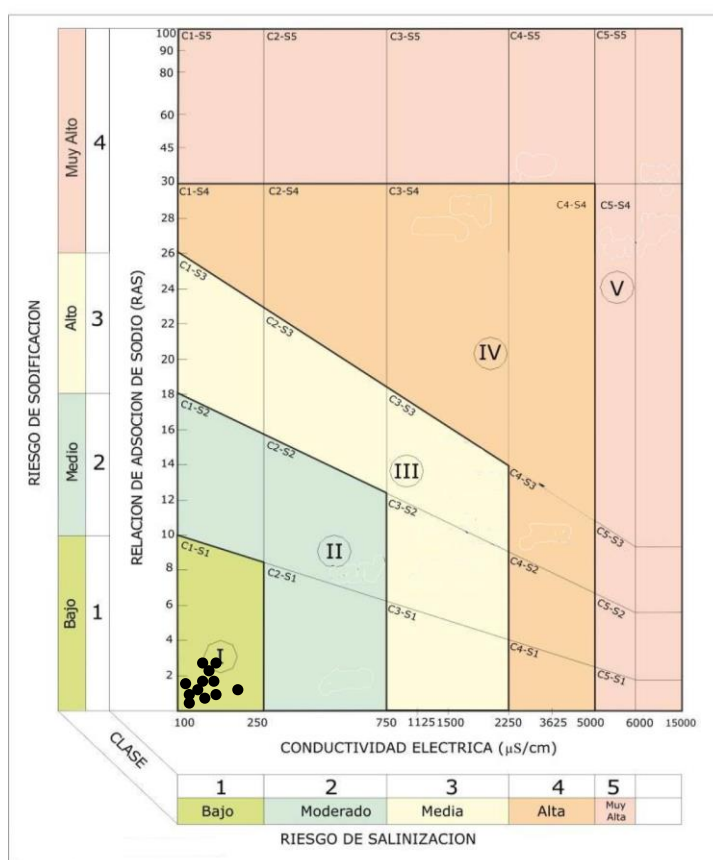


Figura 4. Aptitud del agua para su uso en irrigación.

Fuente: Richards 1954.

Para conocer el posible efecto de las sales disueltas del agua en la solución del suelo se estimaron la SE y SP. La concentración de SE varió entre 7.6 y 13.33 meq/L. Mientras que la SP osciló entre 5.5 y 14.5 meq L.

Tabla 5. Índices de calidad del agua de riego

Variables	Uni	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Salinidad Efectiva	meq/L	10,5	13,3	9,1	8,9	8,0	11,1	9,7	7,6	9,7	13,3	8,8	12,1
Salinidad Potencial	meq/L	14,5	8,4	12,9	12,6	6,8	5,5	12,8	5,8	8,2	14,1	6,5	10,5
RAS	U	1,9	1,6	1,9	1,0	1,2	1,8	1,7	1,7	1,6	2,4	2,5	2,5
Carbonato Sódico Residual	meq/L	-0,9	0,0	3,2	-5,4	-1,2	-5,8	1,8	5,1	2,3	3,1	3,8	-4,8
Porcentaje de sodio posible	%	46,6	25,1	48,6	28,0	32,7	38,1	46,1	46,1	39,5	49,3	61,6	54,8
Porcentaje de sodio disuelto	%	24,6	18,9	25,9	14,7	18,1	24,4	22,9	26,2	22,0	29,3	36,6	31,1
Índice de Langelier	U	0,6	0,2	0,7	0,4	0,1	0,1	0,8	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2

Agrupamiento de muestras según la similitud de sus componentes

El análisis de agrupamiento jerárquico de las muestras en estudio permitió la obtención de tres grupos: primer grupo compuesto por las muestras M1, M3, M4 y M7 el segundo grupo: M10 y M12, y el tercer grupo: M2, M5, M6, M8, M9 y M11. Los estadísticos descriptivos revelaron que los valores más altos de los componentes correspondieron a las muestras del segundo grupo (M10 y M12).

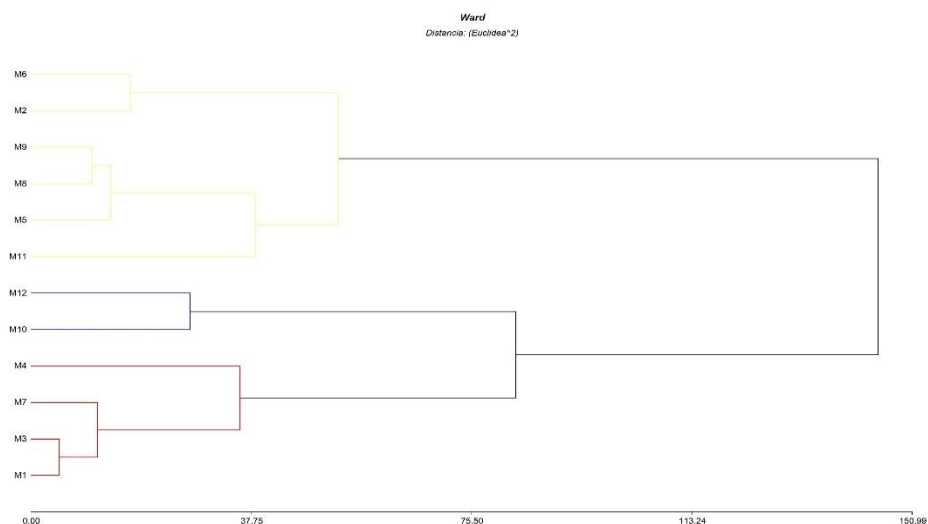


Figura 5. Dendrograma de distancias euclidianas entre sitios de muestreo.

DISCUSIÓN

Un sistema basado en la medida de la conductividad eléctrica del agua para determinar el riesgo de salinización del suelo y en el cálculo de la relación de adsorción de sodio (RAS) para determinar el riesgo de sodificación o alcalinización, es propuesto por Richards, el cual es uno de los más utilizados en Ecuador tal como se evidencia en los estudios realizados por Pérez (2019) y (Caicedo *et al.*, 2019). Según el diagrama de Richards para la clasificación del agua de riego presentado por el departamento de Agricultura de los Estados Unidos, la figura 2 muestra que el agua de la zona de estudio se ubica en el campo C1S1 (baja salinidad y baja en sodio). Al respecto, Blasco y De la Rubia (1973) señalan que la irrigación con aguas C1 se pueden tener problemas en suelos de baja permeabilidad. Mientras que las S1, pueden generar problemas en cultivos sensibles al sodio. Desde un punto de vista agrícola, la calidad del agua se refiere al tipo y la cantidad de sales presentes y su efecto sobre el suelo y el desarrollo de los cultivos (Cortés *et al.*, 2009).

De acuerdo con el CSR el 42% de las muestras tuvieron problemas de carbonato sódico residual, mientras que el 58% restante no tienen problemas debido a que el CSR tiene signo

positivo, lo que indica que el calcio y magnesio se precipitan en forma de carbonatos. Por lo que en la solución sólo hay sales de sodio (Medina *et al.*, 2016), las cuales pueden afectar las propiedades físicas del suelo (Naidu y Rengasamy, 1993). Por lo que se recomienda evaluar de forma periódica la velocidad de infiltración del agua y el pH del suelo (Stevens, 1994).

Un factor importante que determina la aptitud de agua para riego es la tolerancia de los cultivos a la salinidad (Aragües 2011). En este sentido Zeng y Shannon (2000) y Kotuby-Amacher *et al.*, (2000), Cobos *et al.*, (2021), ha determinado los umbrales de tolerancia a la salinidad del maíz (1.8 dS m^{-1}), arroz (1.9 dS m^{-1}), a partir del cual el rendimiento relativo disminuye con el aumento de la CE del extracto del suelo. De acuerdo con los valores estimados máximos de CE ($< 1.6 \text{ dS m}^{-1}$) a partir de la CE del agua de las muestras y los umbrales de tolerancia de dichos cultivos, el rendimiento relativo de estos no se afecta irrigándolos con agua de estas muestras, debido a que la CE está por debajo del umbral de tolerancia de estos cultivos.

Conclusiones

- Existe una relación directamente proporcional entre la conductividad eléctrica (CE) y las variables de relación de absorción de sodio (RAS), cationes y aniones con un valor de coeficiente de relación mínimo de 1.0 y máximo de 2.5 meq/L, lo que quiere decir que a mayor conductividad eléctrica mayor RAS, cationes y aniones lo que conlleva a un incremento de la peligrosidad del agua para riego tanto por salinidad como por sodicidad.
- De acuerdo al CSR, el 42% de las muestras tienen un ligero riesgo de sodicidad y según el índice PSP este riesgo está presente en el 58% de los casos. El agua de esta zona es dulce con tendencia a precipitar el carbonato de calcio, y buena calidad para riego.
- La aplicación del análisis de conglomerados permitió identificar tres grupos de unidades muestrales con características diferentes, lo cual facilitó la identificación de los principales procesos que impactaron la calidad del agua para el riego.

Recomendaciones

- Realizar otros trabajos de investigación incorporando la evaluación de la calidad de agua con fines de consumo.
- Recopilar información en otras sub cuencas de la Cuenca del Rio Guayas

Bibliografía

APHA-AWWA-WEF. (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. New York.

Aragües LR (2011) Agricultura y calidad de aguas a nivel fuente y sumidero. Riegos y Drenajes XXI 182: 24-33.

Arzola N.C., Fundora O. y de Mello R. (2013). Manejo de suelos para una agricultura sostenible. Ed. Jaboticabal - Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinaria/Universidad Estadual Paulista, Sao Paulo, Brasil, 511 pp.

Asamoah E., Nketia K.A., Sadick A., Asenso D., Kwabena E., Ayer J. y Owusu E. (2015). Water quality assessment of lake Bosomtwe for irrigation purpose, Ghana. Intl. J. Agri. Crop. Sci. 8 (3), 366-372.

ASTM Palacios VO, Aceves NE (1970) Instructivo para el muestreo, registro de datos e interpretación de la calidad del agua para riego agrícola. Chapingo. Colegio de Postgraduados. México. 49p.

ASTM. (1995). Standard Test Methods for Acidity or Alkalinity of Water D. Philadelphia.

Ayers, S.R.S.; Westcot, D.W. (1985) Calidad del agua para la agricultura, ser. Riego y Drenaje, no. ser. 29, Ed. Estudio FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia, ISBN: 92-5-302263-9.

Blasco F, De la Rubia J (1973) Guía para clasificar las aguas en relación con su calidad para el riego. Instituto para la Reforma y Desarrollo Agrario. Madrid, España. 322p.

- Bosch M., Costa J.L., Cabria F.N. y Aparicio V.C. (2012). Relación entre la variabilidad espacial de la conductividad eléctrica y el contenido de Na⁺ del suelo. *Ciencia del Suelo* 30 (2), 27-38.
- Bower, C. A.; Wilcox, L. V.; AKIN, G. W., y KEYES, M. G. 1965. An index of the tendency of CaCO₃ to precipitate from irrigation waters. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 29: 91-93.
- Bower, C.A., G. Ogata, and J.M. Tucker. 1968. Sodium Hazard of irrigation waters are influenced by leaching fraction and by precipitation of solution of calcium carbonate. *Soil Science* 10:29-34.
- Bresler, E.; Mcneal, B.L.; Carter, D.L. 1982. *Saline and sodic soils: Principles-Dynamics-Modeling*. Springer-Verlag, Berlín Heidelberg New York. 236 pp.
- Caicedo-Camposano O, Dueñas-Alvarado D, Franco-Rodríguez J, Triana-Tomalá Ángel. (2019). Descripción y propuesta de manejo agroecológico de la subcuenca del río Babahoyo, Ecuador. *técnica* [Internet]. [citado 21 de octubre de 2022];3(3). Disponible en: https://killkana.ucacue.edu.ec/index.php/killkana_tecnico/article/view/577.
- Caicedo-Camposano, Oscar G., Balmaseda-Espinosa, Carlos E., Tandazo-Garcés, Juan E., Layana-Bajaña, Eleonora M., & Sánchez-Vásquez, Viviana L. (2019). Water Quality for Irrigation of San Pablo River, Babahoyo Municipality, Ecuador. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 28(3), e02. Epub 29 de abril de 2019. Recuperado en 21 de agosto de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542019000300002&lng=es&tlng=en.
- CEDEGE - CAURA - FAGROMEN, 2002. Plan Integral de Gestión Socioambiental de la Cuenca del Guayas y Península de Santa Elena. PIGSA: Informe de Consultoría presentado a CEDEGE por el consorcio de firmas consultoras CAURA – FAGROMEN.
- Choramin M., Safaei A., Khajavi S., Hamid H. y Abozari S. (2015). Analyzing and studding chemical water quality parameters and its changes on the base of Schuler,

Wilcox and Piper diagrams (project: Bahamanshir River). WALIA Journal 31, 22-27.

CLH. 2009. Estudio de Impacto Ambiental Definitivo. Proyecto Hidroelectrico Baba. Consorcio Hidroenergetico del Litoral. Capítulo 3. Disponible en: <http://www.elaw.org/node/5272>.

Cobos F, (2022). Identificación de líneas tolerantes en poblaciones segregantes de arroz como alternativa en el manejo sustentable de suelos degradados por salinidad. Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú, 153 pp. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5367>.

Cobos F, Gómez F, Reyes W y Hasang E. (2020). Evaluación de la tolerancia a la salinidad en poblaciones segregantes F5 de arroz (*Oryza sativa* L.). Journal Of Science And Research 5(1), 1-23. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4421516>.

Cobos Mora, F., Gómez Pando, L., Reyes Borja, W., & Hasang Moran, E. (2020). Evaluación de la tolerancia a la salinidad en poblaciones segregantes F5 de arroz (*Oryza sativa* L.). Journal of Science and Research, 5(CININGEC), 1–23. Recuperado a partir de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/995>.

Cobos Mora, F., Gómez Pando, L., Reyes Borja, W., Hasang Moran, E., Ruilova Cueva, M., & Duran-Canare, P. L. (2021). Effects of salinity levels in *Oryza sativa* in different phenological stages under greenhouse conditions. Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia, 39(1), e223905. Retrieved from <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/37392>.

Cobos Mora, Fernando Javier, Gómez Pando, Luz Rayda, Reyes Borja, Walter Oswaldo, & Medina Litardo, Reina Concepción. (2021). Sustentabilidad de dos sistemas de producción de arroz, uno en condiciones de salinidad en la zona de Yaguachi y otro en condiciones normales en el sistema de riego y drenaje Babahoyo, Ecuador. Ecología Aplicada, 20(1), 65-81. <https://dx.doi.org/10.21704/rea.v20i1.1691>.

Cortés-Jiménez JJM, Troyo-Diéguez E, Murillo-Amador B, García-Hernández JL, Garatuza-Payán J, et al. (2009) Índices de calidad del agua del acuífero del Valle del Yaqui, Sonora. Terra Latinoamericana 27: 133-141.

- Doneen LD (1964) Notes on water quality in agriculture. Department of Water Science and Engineering, University of California. Davis, California. 400p.
- Eaton FM (1950) Significance of carbonates in irrigation waters. Soil Science 69: 123-133.
- ESPOL. 2000. Estudio Economico-Ambiental del Sistema de Cultivo del Mango en la Region de la Sub-Cuenca del Rio Daule. Tesis de Grado. Escuela Superior Politecnica del Litoral Guayaquil. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3506/1/6033.pdf>.
- Graczik Z., Graczik T. y Naprauska A. (2011). A rol some food arthropods as vectors of human enteric infections. Center eur. J. Biol. 6 (2) 145-149. DOI: 10.2478/s11535-010-0117-y.
- INOCAR. 2010. Memoria Tecnica de la comision realizada en el area del Rio Guayas sur. 29 de noviembre al 08 de diciembre del 2009. Instituto Oceanografico de la Armada. Guayaquil.183 p.
- Instituto Geográfico Militar-Ecuador. (2019). Visor geográfico instituto geográfico militar Ecuador. <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>
- Kotuby-Amacher J, Koenig R, Kitchen B (2000) Salinity and plant tolerance. Electronic publishing. AG-SO-03. https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1042&context=extension_histall.
- Lingaswamy M. y Saxena P.R. (2015). Water quality of Fox Sagar Lake, Hyderabad, Telangana State, India, Its Suitability for Irrigation Purpose. Int. J. Adv. Res. Sci. Technol. 4 (8), 490-494.
- Maas EV. 1984. Salt Tolerance of plants. En: The handbook of plant Science in Agriculture, (ed. RB Christie), CRC Press Boca Raton (Florida).
- Mc Neal, B. L. y N. T. Coleman, 1966. Effect of solution composition on soil Hidraulic conductivity. Soil Sci Soc Am.Proc. 30: 308-312.

- Medina VEK, Mancilla VOR, Larios MM, Guevara GRD, Olguín LJL, Barreto GOA (2016) Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxcauesco, Jalisco. *Idesia*. 34: 51-59.
- Moreno F. y Roldán J. (2013). Assessment of irrigation water management in the Genil-Cabra (Cordoba, Spain) irrigation district using irrigation indicators. *Agr. Water Manage.* 120 (1), 98-106. DOI: 10.1016/j.agwat.2012.06.
- Naidu R, Rengasamy P (1993) Ion interaction and constraints to plant nutrition in Australian sodic soil. *Australian Journal Soil Science* 31: 801-819.
- Pérez, A. (2019). Riesgo de sodicidad en los suelos del cantón Milagro, Guayas-Ecuador en época de estiaje. *Revista Politécnica*, 42(2). <https://doi.org/10.33333/rp.vol42n2.899>.
- Prieto Daniel y Angueira, Cristina, 1996. Calidad de agua para riego, módulo II. Curso a distancia Métodos de Riego. INTA, Buenos Aires.
- Quirk, J. P. 1971: Chemistry of saline soils and their physical properties. En Talsma, T. y Philip, J. R. (Ed.) *Salinity and water use*. John Wiley and Sons. New York. p. 79-91.
- Quirk, J. P. y R. K. Schofield, 1955. The effect of electrolyte concentration on soil permeability. *J. Soil Sci* 6178.
- Rhoades, J., A Kandiah and A. Mashali. 1992. The use of saline waters for crop production. FAO. Irrigation and Drainage Paper 48. Rome, Italy.
- Richards LA (1954) Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Department of Agriculture Handbook 60. Washington, USA. 166p.
- Richards, L. A. 1973. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Manual 60. Limusa. México, D. F.
- Stevens RG (1994) Water quality and treatment considerations. In: Williams KE, Ley TW (eds). *Tree fruit irrigation: A comprehensive manual of deciduous tree fruit irrigation needs*. Good Fruit Publishing. Washington State Fruit Commission. Yakima. WA, USA. pp: 115-125.

U. S. Salinity Laboratory Staff. 1954. U.S. Dept. of Agriculture: Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils, Handbook 60 U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. Ed. L. A. Richards.

Wilcox, L.V.-U.S. 1960. Department of Agriculture. Tech, Bull. 211.

Zeng L y Shannon M (2000). Effects of Salinity on Grain Yield and Yield Components of Rice at Different Seeding Densities. Agronomy Journal 92(3). DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2000.923418x>.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO



EDITORIAL
UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE BABAHOYO



ISBN: 978-9942-606-15-0

