Pontificia Universidad Católica del Ecuador | SEDE ESMERALDAS

ESCUELA GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

Impactos del paracetamol y la cafeína en los ríos de Esmeraldas

PREVIO A LA OBTENCION DE TÍTULO DE INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL

AUTORA

JOSELYN LILIANA QUIÑONEZ PALATE

ASESOR

PhD. JON MOLINERO

ABRIL - 2021

Tribunal de tesis aprobada luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de Grado de la PUCESE previo a la obtención del título de INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

Presidente Tribunal de Graduación

Mgt. Pedro Jiménez Prado

Lector 1

Mgt. Mérida Ortiz Castro

Lector 2

Directora de la Escuela de Gestión Ambiental

Mgt. Karla Solís Charcopa

Director de Tesis

PhD. Jon Molinero Ortiz

Esmeraldas,…….de……..de 2021

Autoría

Yo, Joselin Liliana Quiñonez Palate, declaro que la presente investigación titulada: **"Efectos del Paracetamol y Cafeína en los ríos de Esmeraldas".** Es absolutamente original, autentica y personal.

En tal sentido, manifiesto la originalidad de a conceptuación del trabajo de investigación e interpretación de datos, dejando establecido que los aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

Joselin Liliana Quiñonez Palate
0803461680

DEDICATORIA

La realización de este trabajo final de tesis en el primer lugar va dedicado a Dios por todo lo que me ha brindado; en segundo a mis abuelos Miguel y Susy por ser quienes me formaron y a mis padres Aldo y Carmen por todo su esfuerzo y amor.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi guía en todo lo que necesito, además por darme una familia maravillosa y ser mi fortaleza en todos los duros momentos.

A mis abuelos Miguel Palate Cunalata y Susy Mazo Estacio y a mis padres Aldo Quiñonez y Carmen Palate por su apoyo y su amor infinito, gracias por ayudar a formar a la mujer quien soy hoy. A mis hermanos Madelyn, Darwin y Aldana por ayudarme en todo lo que necesite. A mi novio Marcelo Sánchez por siempre bridarme su apoyo y palabras de confianza.

A mis tíos, tías y primos de la familia Quiñonez y Mazo por su gran apoyo, por darme los ánimos y las ganas de perseverar.

A mis amigas por ser su gran amistad y su lealtad Betsy Avila, Nathaly Mera, Mercedes Prado, Stefany Castro, Diana Caicedo y Amanda Vallecilla, gracias por su hermosa amistad en todos estos años, las quiero.

A mi asesor Jon Molineros, gracias por ser un verdadero apoyo en este proyecto de investigación, por su compresión y paciencia a lo largo de este trabajo. Muchas gracias por todos los cocimientos que adquirí y sus consejos.

A quienes confiaron y me brindaron su apoyo a los largo de este proceso. Gracias.

Índice

Presentación del tema de investigación 11

Planteamiento del problema 12

Justificación 13

Objetivos 14

General: 14

Específicos 14

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO 15

En la presente investigación se analizarán los efectos causados por la cafeína y el paracetamol en los ríos de Esmeraldas, por ello a continuación se detallan los términos principales a fin de facilitar la compresión del presente trabajo: 15

Bases teóricas- científicas 15

Aguas continentales 15

Calidad de agua en los ríos 15

Aguas residuales 15

Contaminantes emergentes 16

Productos farmacéuticos 16

Toxicidad 16

Cafeína 17

Paracetamol 17

Materia orgánica 17

Microcosmos 17

Antecedentes 18

CAPITULO II MATERIALES Y MÉTODO 21

Área de estudio 21

Metodología 22

Experimentos de microcosmos 22

Capitulo III: Resultados 28

..... 29

CAPITULO IV: DISCUSIÒN 36

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES 40

Bibliografía 41

Anexo 2. 46

Anexo 3. Registro oficial de ingreso de datos de parámetros fisicoquímicos 47

Anexo 4. Registro oficial de ingreso del peso de hoja blanca para cada microcosmos 48

Anexo 5. Preparación de los microcosmos..... 49

Anexo 7. Recolección de microcosmos 50

Anexo 8. Ingreso de lo microcosmos a la estufa a 65°..... 50

Anexo 9. Microcosmos en el desecador..... 51

Anexo 10. Calculo de las tasas de respiración..... 51

Lista de Ilustraciones

Figura1. Área de estudio 22
Figura 2. Hoja Blanca en fragmentos 2x2cm 23
Figura 3. Preparación de los microcosmos 24
Figura 4. Estufa de Incineración 27
Figura 5. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 6. 29
Figura7. Efectos de CES en la descomposición de la materia orgánica las primeras 24 horas 30
Figura 8. Calculo de la tasa de descomposición en el tratamiento control 32
Figura 9. Descomposición microbiana del tratamiento cafeína 32
Figura10. Descomposición microbiana del tratamiento paracetamol 33
Figura11. Respirometría de los microcosmos 34

Lista de tablas

Tabla 1. Promedio de parámetros fisicoquímicos .... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 2. Resultados de la ANOVA de una vía del material remanente después de 24 horas (n. s., no significativo; CON, Control; CAF, Cafeína; PAR, Paracetamol). No hay diferencias significativas entre los tratamientos con el mismo superíndice. 30
Tabla 3. Cálculo de las tasas de descomposición k (pendiente y error estándar, d-1). Se muestra la bondad del ajuste (*, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$) 33
Tabla 4. Resultados del ANCOVA (Tratamiento x Tiempo) del peso remanente en los microcosmos (CON, Control; CAF, Cafeína; PAR, Paracetamol). No existen diferencias entre los tratamientos con el mismo superíndice. 34
Tabla 5 35

Resumen

Los contaminantes emergentes se utilizan para referirse a compuestos de distinto origen y naturaleza química cuya presencia en el medio ambiente no es considerada significativa en términos de concentración y pasan hacer inadvertidos. Por tal motivo se analizó los efectos del paracetamol y cafeína en los ríos de Esmeraldas a través de la descomposición de materia orgánica. Se analizó a través de experimentos con 60 microcosmos 20 para el Control y los tratamientos de Cafeína y Paracetamol. Se concluyó que la descomposición de la materia orgánica del tratamiento Control mostró una tasa de descomposición de 0.0198 d^{-1}, mientras que los tratamientos con Cafeína y Paracetamol mostraron tasas de descomposición mayores, 0.0279 y 0.0280 d^{-1}. En cuanto a las tasas de respiración el análisis de la varianza de cada tratamiento no muestran diferencias significativas.

Abstract

Emerging pollutants are used to refer to compounds of different origin and chemical nature whose presence in the environment is not considered significant in terms of concentration and go unnoticed. For this reason, the effects of paracetamol and caffeine in the Esmeraldas rivers were analyzed through the decomposition of organic matter. It was analyzed through experiments with 60 microcosms 20 for the Control and the Caffeine and Paracetamol treatments. It was concluded that the decomposition of organic matter from the Control treatment showed a decomposition rate of 0.0198 d-1, while the Caffeine and Paracetamol treatments showed higher decomposition rates, 0.0279 and 0.0280 d-1. Regarding respiration rates, the analysis of variance of each treatment did not show significant differences.

INTRODUCCIÓN

Presentación del tema de investigación

El análisis de nuevas técnicas y pretratamiento de aguas residuales han permitido reducir los límites de detección de numerosos contaminantes que eran imposibles de identificar en tiempos pasados, debido a sus bajas concentraciones en las aguas superficiales y de consumo. Entre los principales se encuentran los antibióticos y estimulantes en vista a que presenta problemas asociados a una posible toxicidad, la escasa biodegradabilidad y su tendencia a acumularse en el medio ambiente(1).

Se agrupan en un conjunto heterogéneo de compuestos orgánicos diverso divididos en diferentes clases como plaguicidas, desinfectantes, productos de higiene personal entre otros. Estos contaminantes son encontrados en actividades ganaderas, agrícolas, efluentes hospitalarios y de aguas residuales(2).

Existen estudios que han detectado estos compuestos emergentes en aguas superficiales de diferentes lugares incluso en Ecuador. Se demostró que existen pocos aspectos de contaminantes emergentes que no han sido estudiados como, su variabilidad espacial y temporal en diferentes escalas, sus vías de trasformación, su toxicidad crónica en el medio ambiente y su concentración en sedimentos (3).

En presente estudio fue realizado con el fin de conocer los efectos del paracetamol y la cafeína en los sistemas fluviales mediante la simulación del proceso de descomposición microbiana de la materia orgánica en microcosmos que simulan las condiciones de los ríos de Esmeraldas.

Planteamiento del problema

Los contaminantes emergentes se utilizan para referirse a compuestos de distinto origen y naturaleza química cuya presencia en el medio ambiente no es considerada significativa en términos de concentración y pasan hacer inadvertidos; sin embargo, actualmente son ampliamente detectados y tienen un alto potencial de acarrear impactos ecológicos y efectos sobre la salud. Estos compuestos entran en el ambiente a través de vías y fuentes, como aguas residuales doméstica o industrial, plantas de tratamiento, efluentes hospitalarios, actividades agrícolas, ganadería y tanques sépticos, estos contienen componentes orgánicos específicos y CEs que presentan criterios de calidad ambiental que aún no se han podido especificar.

Los productos químicos farmacéuticos como el paracetamol y la cafeína son una preocupación debido a sus propiedades físico químicas, metabolitos, productos de degradación y características de los suelos que pueden alcanzar aguas subterráneas o quedar retenidas en el suelo generando procesos de acumulación. En consecuencia, afecta al ecosistema y a los humanos mediante la cadena trófica.

En la actualidad los estudios de caso de contaminantes emergentes en el país han aumentado frente a la gravedad de los efectos que repercuten en el medio ambiente puesto a que estos componentes en general no se remueven en los procesos de tratamiento de aguas residuales convencionales.

Por tal motivo, se decidió realizar una investigación que diera a conocer los efectos del paracetamol y la cafeína en los ríos de Esmeraldas y conocer su repercusión en estos cuerpos de agua.

Justificación

Los compuestos emergentes alcanzan una extensa gama de compuestos químicos, productos farmacéuticos, productos de cuidados personal, agentes tenso activos, plastificantes y adictivos industriales no incluidos en programas de tratamientos de aguas residuales donde existe un limitada información sobre los efectos en la salud y en la ecología; por ende se han concentrado diversas investigaciones en estudios de aguas superficiales, como agua potable debido al ser más susceptibles de contener concentraciones de CEs que en aguas subterráneas(4).

Generalmente, los contaminantes emergentes son transportados por vías acuáticas donde a través de la excreción humana, los productos no utilizados y usos agrícolas son vías directas para afectar a los ríos.

Objetivos

General:

Analizar los efectos causados por la cafeína y el paracetamol en los ríos de Esmeraldas

-Específicos

- Diseñar un sistema de microcosmos de laboratorio que permita reproducir las condiciones de los ríos de Esmeraldas
- Estudiar los efectos de la cafeína y el paracetamol en la descomposición microbiana de la materia orgánica

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

En la presente investigación se analizarán los efectos causados por la cafeína y el paracetamol en los ríos de Esmeraldas, por ello a continuación se detallan los términos principales a fin de facilitar la compresión del presente trabajo:

Bases teóricas- científicas

Aguas continentales

Las aguas continentales son cuerpos de aguas permanentes que se encuentran en el interior alejados de la zona costera. Estas aguas reciben insumos considerables de contaminación no regulada como lo son los compuestos farmacéuticos activos consumidos por la población y utilizados en la ganadería (5).

Calidad de agua en los ríos

El termino de calidad de agua es muy complejo debido a múltiples factores como lo es el régimen hídrico, la composición de los suelos, vegetación riparia, biota acuática entre otros. Asimismo, los cuerpos hídricos sufren modificaciones constantes debido a las actividades humanas.

En las aguas continentales se puede interpretar que una buena calidad de agua es cuando un medio acuático posee características naturales que permite el desarrollo de comunidades de organismos propios del lugar. No obstante el concepto de calidad de agua es relativo a la finalidad del recurso(6).

Aguas residuales

Las aguas residuales son productos de las actividades domésticas, comerciales, industriales, agrícolas y comunitarias.

Existen diferentes parámetros que se analizan en las aguas residuales entre ellos están: los parámetros físicos y parámetros físicos químicos que tienen que ver con el efecto sobre la especie que son determinados a través de pruebas de laboratorio(7).

Contaminantes emergentes

Son compuestos de distinto origen y naturaleza química cuya presencia en el medio no se considera significativa en lo que es distribución y concentración, y pasan a ser inadvertidos.

Estos acarrean grandes impactos ecológicos y efectos adversos sobre la salud. Estos contaminantes no necesitan estar constantemente en el ambiente para causar efectos negativos debido a sus altas tasas de trasformación que se producen a diferentes concentraciones en las aguas superficiales cuyos criterios de calidad ambiental aún no han sido especificados y las plantas de tratamientos de aguas residuales no están diseñadas para eliminarlos(4).

Productos farmacéuticos

Los productos farmacéuticos son compuestos químicos sintéticos o naturales que se encuentran en medicamentos recetados de venta libre, utilizados en altas cantidades y variedad. Estos contienen ingredientes activos que son diseñados para tener efectos farmacológicos y otorgar beneficios a la sociedad. Debido a su impacto al ambiente y su posible incidencia en la salud ha recibido mayor atención en los últimos años(8).

Los fármacos luego de ser ingeridos y metabolizados por el organismo son excretados llegando a los sistemas acuáticos ya sean en pequeñas cantidades a través de los efluentes cloacales. Además su concentración y composición va a variar dependiendo del consumo y del país de donde provengan(9).

Toxicidad

Es la capacidad inherente que tiene un agente químico por el cual produce un efecto nocivo sobre los organismos vivos, es el resultado de la concentración y del tiempo

de exposición en el que se modifica debido a la temperatura, formas químicas y disponibilidad(10).

Cafeína

La cafeína es considerada como un indicador de acidez antropogénica debido su uso generalizado en la población, detectada frecuentemente en el ambiente por su estabilidad química y su relación a otros contaminantes asociados a los humanos (11).

Paracetamol

Es el analgésico-antipirético más utilizado en los estados Unidos y Europa, además de ser uno de los medicamentos más vendidos sin receta. Como resultado de su amplio consumo este compuesto es muy común encontrarlo en compartimientos acuáticos. Además de ser ampliamente persistentes, bioacumulativos e inclusos toxico para organismos acuáticos (11).

Materia orgánica

La materia orgánica particulada gruesa es definida como aquella fracción cuyo diámetro de partícula es de 1 mm. En los ríos se compone normalmente de materia vegetal como las hojas, ramas, estructuras reproductoras y fragmentos de origen ripario debido al arrastre de los materiales que se encuentran en las orillas o por trasporte de tramos fluviales situados aguas arriba(12).

Microcosmos

Los microcosmos intentan reproducir las condiciones naturales de aireación y turbulencia que ocurren en un río para reproducir el proceso de descomposición microbiana de la materia orgánica(13).

Antecedentes

A lo largo de años, los ecosistemas dulceacuícolas son utilizados por el hombre en busca de satisfacer sus necesidades básicas. No obstante el uso excesivo ha provocado el aumento de los apremios sobre su degradación (6). Por tal motivo se han realizado muchas investigaciones sobre la aparición de los CEs en aguas superficiales y sus efectos en el medio ambiente, como las aguas utilizadas en actividades domésticas, aguas de arroyo, aguas residuales y en agua potable que son altamente susceptibles de contener mayores concentraciones de estos contaminantes(4).

A través de la excreción humana, la eliminación de los productos no utilizados y por el uso agrícola se manifiestan los productos farmacéuticos en el medio ambiente. Estos productos son trasportados al ciclo del agua por diferentes rutas como lo son las plantas de tratamiento de aguas residuales que permite el fácil acceso a los cuerpos de agua debido a que la mayor parte de estos compuestos no son retenidos en sus procesos además, la mayoría de los residuos farmacéuticos son vertidos directamente al ecosistema(4).

En la actualidad se han realizado investigaciones de los efectos de CEs en los ríos. Por ejemplo, en Canadá se realizó un estudio sobre la presencia de drogas en las aguas superficiales canadienses impactadas por descargas de aguas residuales, en el cual se demuestra que las descargas de aguas residuales tienen potencial para contaminar fuentes de agua potable aunque en concentraciones bajas estas se encuentran persistentes en los sistemas acuáticos(14).

Uno de los casos específicos con de los usos de los CEs mediante el uso de microcosmos es en España, en el cual se realizó un experimento en las instalaciones de EDAR que se encuentra en el Goibar, península Ibérica, esta es encargada del tratamiento de aguas residuales en su mayor parte población urbana y efluentes industriales. En el experimento los microcosmos fueron expuestos a diferentes concentraciones y en el cual se determinó los niveles de toxicidad, efectos cancerígenos e incluso la pre-adaptación a algún contaminante en los organismos(15).

Marco legal

En la constitución del Ecuador se establece mediante el Art. 12, hace referencia al agua como “un derecho fundamental e irrenunciable” […]”, además que la constitución en el Art 14 establece que “toda la población tiene el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado” […], que garantice el buen vivir. En cuál el presente artículo sirve como pauta para el desarrollo del sustento legal en la investigación presente.

La constitución también establece en su Art 411 que “toda actividad que pueda afectar a la calidad y cantidad de agua y el equilibrio de los ecosistemas será regulada en especial a las fuentes y zonas de recarga de agua”. Sin embargo, las actividades en la provincia se desarrollan en actividades domésticas y agropecuarias, en el cual los ríos se encuentran propensos a la contaminación por las descargar de aguas residuales y las actividades antrópicas desarrolladas.

Bajo el mismo sentido en el Art 264, numeral 4 hace mención en el que cada gobierno municipal debe “prestar servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales” […], situación que en la provincia de Esmeraldas no se cumple, debido a que la población no cuenta con un sistema de depuración de aguas residuales y estas son vertidas directamente al ecosistema ocasionando impactos en el ambiente y efectos en la salud.

En la ley de aguas en el Art 77 sobre las limitaciones y responsabilidades que, “todas las actividades productivas respetaran el caudal ecológico” además que “debemos respetar la cantidad y calidad requerida”. No obstante, muchos de los ríos situados en la provincia esmeraldeña no cuentan con un control sobre la calidad de las aguas, ni leyes que regulen a los CEs y sus repercusiones en la salud y en la ecología.

En relación con el acuerdo ministerial 028 Art 211 control y seguimiento ambiental “el control de los componentes biótico tiene como finalidad “verificar la calidad ambiental por medio de indicadores y sus posibles alteraciones […]”. Por lo cual el

presente trabajo de investigación con el uso de microcosmos en el cual se conocerán los efectos de los CEs, se encuentra conforme a la ley.

CAPITULO II MATERIALES Y MÉTODO

Área de estudio

La presente investigación se llevará a cabo en la provincia de Esmeraldas, en el cuál se podrán determinar los efectos de la cafeína y el paracetamol que existe en los ríos de esta provincia. La provincia presenta un clima desde tropical subhúmedo, subtropical húmedo y subtropical muy húmedo, con una temperatura media de 23^0C, una precipitación anual de 2500 mm anuales. Además de contar con 6 sistemas hidrográficos, 19 cuencas hidrográficas y 9 subcuencas principales de la cuenca más grande. Así mismo su sistema hídrico cuenta con un área de 32.043km^2 compuesta por más de 30 ríos, en el cuál el río Esmeraldas es el mayor con un área de 21.673km^2(16).

Para el presente estudio se estableció como criterio la influencia de la población para determinar los efectos de los CEs en los ríos, tomando en cuenta que una de las actividades más importantes son las descargas de aguas residuales, en el cuál se ha descrito que suelen pasar a ser desapercibidos, es por ello que se van a conocer los efectos del paracetamol y cafeína debido a que presentan altos niveles de concentración en los ríos de la provincia según estudios realizados.

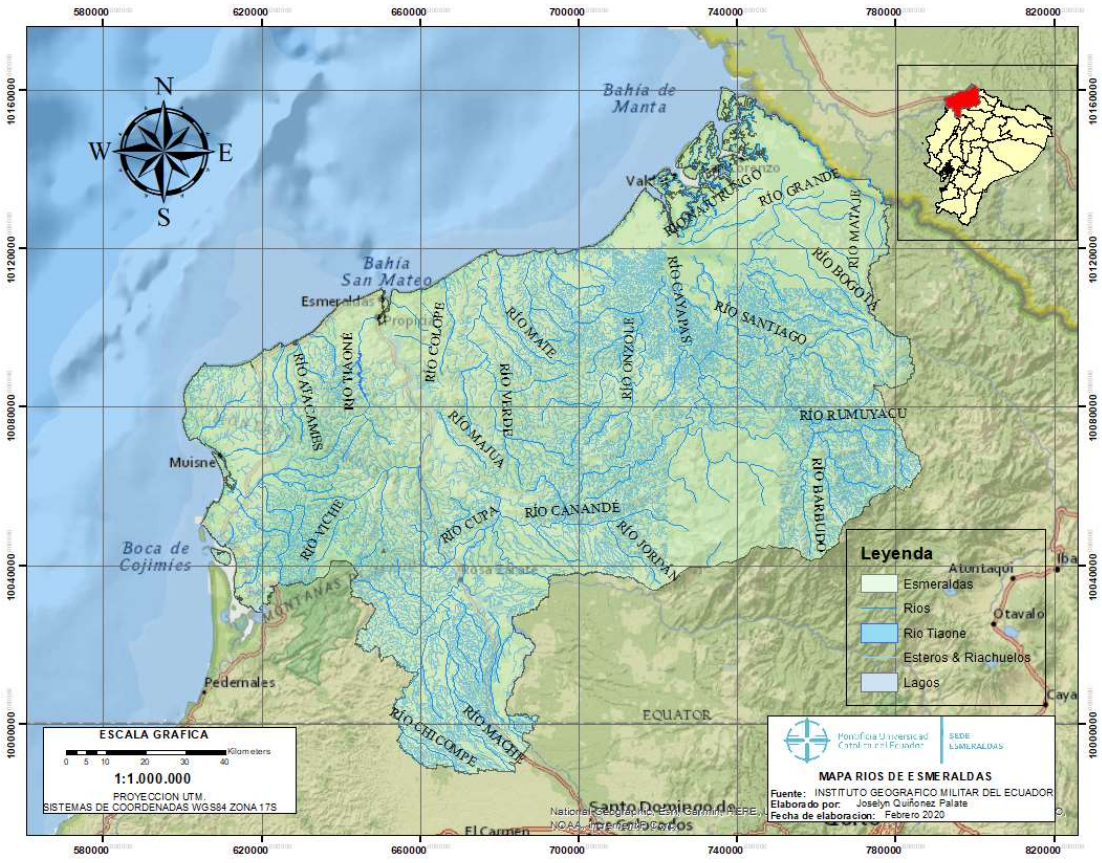


Figura 1. Área de estudio

Metodología

Experimentos de microcosmos

Recolección de hojas de hoja blanca

Se realizó la recolección de hojas blanca en la parte baja del río Súa. Una vez recolectada la materia orgánica, se llevó al laboratorio y se cortaron las hojas en fragmentos de 2 x 2 cm, se dejaron secar durante 48 h al aire y se almacenaron en bolsas ziplock para ser utilizadas posteriormente en el experimento.



Figura 2. Hoja Blanca en fragmentos 2x2cm

Recolección de agua y del inóculo microbiano.

El agua para realizar las incubaciones se recogió del estero El Tigre en la parroquia de Tachina (Esmeraldas). Se tomó agua en frascos de 1.5 litros previamente para su preparación cada botella se lavó con el agua del río, en cuál están rotulados con la estación de muestreo, fecha y nombre del investigador, para luego de ello ser transportado al laboratorio. El inoculo se preparó incubando materia orgánica (hojas, ramas y frutos) recogida del lecho del río en el agua recogida con aireación permanente durante 48 horas.

Diseño experimental

Para el diseño experimental se tuvo un control y dos tratamientos que constan de paracetamol y cafeína.

Durante el control se observó el análisis de la descomposición microbiana sin ningún tipo de alteración. Y en los tratamientos se observó el efecto que causa los CEs (paracetamol y cafeína) que fueron analizados a través de la descomposición microbiana.

Durante el desarrollo del experimento se obtuvieron 60 vasos, 20 para cada tratamiento, estos fueron seleccionados sucesivamente para el tratamiento 1, 2 y el

control. Luego de ello fueron colocados en las bandejas de forma aleatoria para que no exista ninguna alteración en el experimento al ser manipulados ni exista el llamado “efecto borde” al colocar cada experimento en las bandejas debido a que puede influir que cada tratamiento tenga una forma distinta a reaccionar.



Figura 3. Preparación de los microcosmos

Fase experimental

1° Preparación del experimento. Se pesa 1 gr de hojas y se añade en cada microcosmos. Inicialmente se utiliza el agua del inóculo. Se aleatoriza la posición de los microcosmos. Se aplica aireación permanente. El agua se cambia cada semana. Después de la primera semana se utiliza agua del río. Se descongela durante la noche y se utiliza para rellenar los microcosmos.

2° Recolección de los microcosmos. Se recogen después de 24 horas, 1 semana, 3 semanas y 5 semanas de incubación. Se recogen 5 réplicas aleatorias de cada tratamiento, el material se transfiere a vasos de plástico, se seca a 65° durante 48 horas y se calcina a 450° para calcular el peso seco libre de ceniza.

Para ello se obtuvo el peso inicial de los vasos de cristal para la realización del experimento, en peso vacío y lleno de microcosmos.

Se cambia el silicagel de la balanza y espero a que se enfríe, para luego encender la balanza y colocar una bandeja de plástico. Se presionó el botón de tara y se espera a que la balanza marque 0.000 g, así estar lista para pesar.

Cada uno de los materiales de los microcosmos se comenzó a pesar en orden y se anotó el peso indicado correspondiente al estadillo en el cual corresponde, se aseguró de que el número del microcosmos sea el mismo.

Una vez completado los pesos, los vasos de cristal se llevan al laboratorio de oceanografía, para luego de ello ser introducidos en la estufa a 65 ^{o}C.

Se colocaron los microcosmos en bandejas de metal de forma aleatoria, en el cual se utilizó una tabla con números aleatorios.

Además, se eligió un bloque de número en la tabla, se utilizó los números aleatorios del bloque en orden que aparezcan en la tabla, una vez tachado los números de un bloque se eligió otro bloque. Al elegir el número aleatorio si este es mayor a 60 o es un número que haya salido no se utilizó.

Luego de ello se llenaron las bandejas de metal una por una y en orden, es decir la primera fila, luego la segunda y así hasta completar la bandeja.

Una vez colocados los microcosmos en las bandejas se añadió 100 ml de agua con el inóculo con la probeta, y las concentraciones del paracetamol y cafeína además se colocaron aireadores en los microcosmos, y se aseguró que cada llave de plástico blanco en cada grupo de aireadores se encuentre abierta.

Además se eligió un microcosmo de cada bandeja con un número par y colocar un termómetro de botón que servirá como control de la temperatura. Y una vez que se colocan los aireadores y los termómetros se cubrieron los microcosmos con una lámina de contrapachado, y reservaron al menos 2 lt de agua de incubación en botellas de 1 lt, esta agua se utilizó para llenar los microcosmos si el agua se evapora.

Cálculo de la tasa de descomposición y análisis estadísticos

Para el cálculo de la tasa de descomposición (k, d^{-1}) se utilizó el cálculo relación exponencial simple:

$M_t = M_0 e^{-kt}$

Donde M_t es la masa remanente en el tiempo t en gr, M_o es la masa inicial en gr, k es la constante de descomposición de hojarasca en d^{-1} y t es el tiempo en d.

Para en análisis estadístico se utilizó el programa R, en el cual, para calcular la tasa de descomposición, se calculó la tasa de descomposición con los grados días y el índice de materia orgánica remanente y se realizó un análisis de covarianza.

Análisis de incubación

Luego de 24 horas de incubación que fue calculado a partir del momento que es añadida las concentraciones del paracetamol y cafeína en los microcosmos, se recogió parte de los microcosmos y se midió las pérdidas de peso por lixiviado. Para ello se retiró el contrapachado, los aireadores y retirar los microcosmos con números impares.

Una vez retirados los microcosmos con números impares se transfirió a vasos plásticos, se anotó el número en el estadillo para trasferir los materiales a los microcosmos correspondientes al vaso de plástico y fueron colocados en la estufa a 65$C^{o.}$

Con el número de microcosmos numerados con números pares, estos fueron incubados durante 4 semanas, junto a una posición aleatoria y se realizó el mismo proceso de la tabla de números aleatorios y se colocaron los aireadores y las láminas de contrapachado.



Figura 4. Estufa de Incineración

Capitulo III: Resultados

Caracterización del proceso de incubación

Durante el proceso de incubación en la (Tabla 1) se presentan las características del agua utilizada las cuales fueron tomadas durante 5 semanas.

Estas presentan agua de alta conductividad, ligeramente básica, con bajas concentraciones de compuestos nitrogenados y concentraciones moderadas de fósforo y presenta valores de pH de 8.1. Además presento temperaturas constantes (Figura 5 y 6), en el cual el primer termómetro mostro una temperatura media de 27,6°C y el segundo termómetro una temperatura media de 27,4°C, es decir que no se observaron diferencias de temperatura entre ellos.

Tabla 1. Promedio de parámetros fisicoquímicos

	Media ± DE
Conductividad (µS cm^{-1})	1027 ± 120
pH	8.1 ± 0.1
Nitrito (mg NO_3-N l^{-1})	< 0.005
Nitrato (mg NO_2-N l^{-1})	0.5 ± 0.4
Amonio (mg NH_3-N l^{-1})	0.07 ± 0.06
Fosfato (mg PO_4 l^{-1})	0.19 ± 0.09

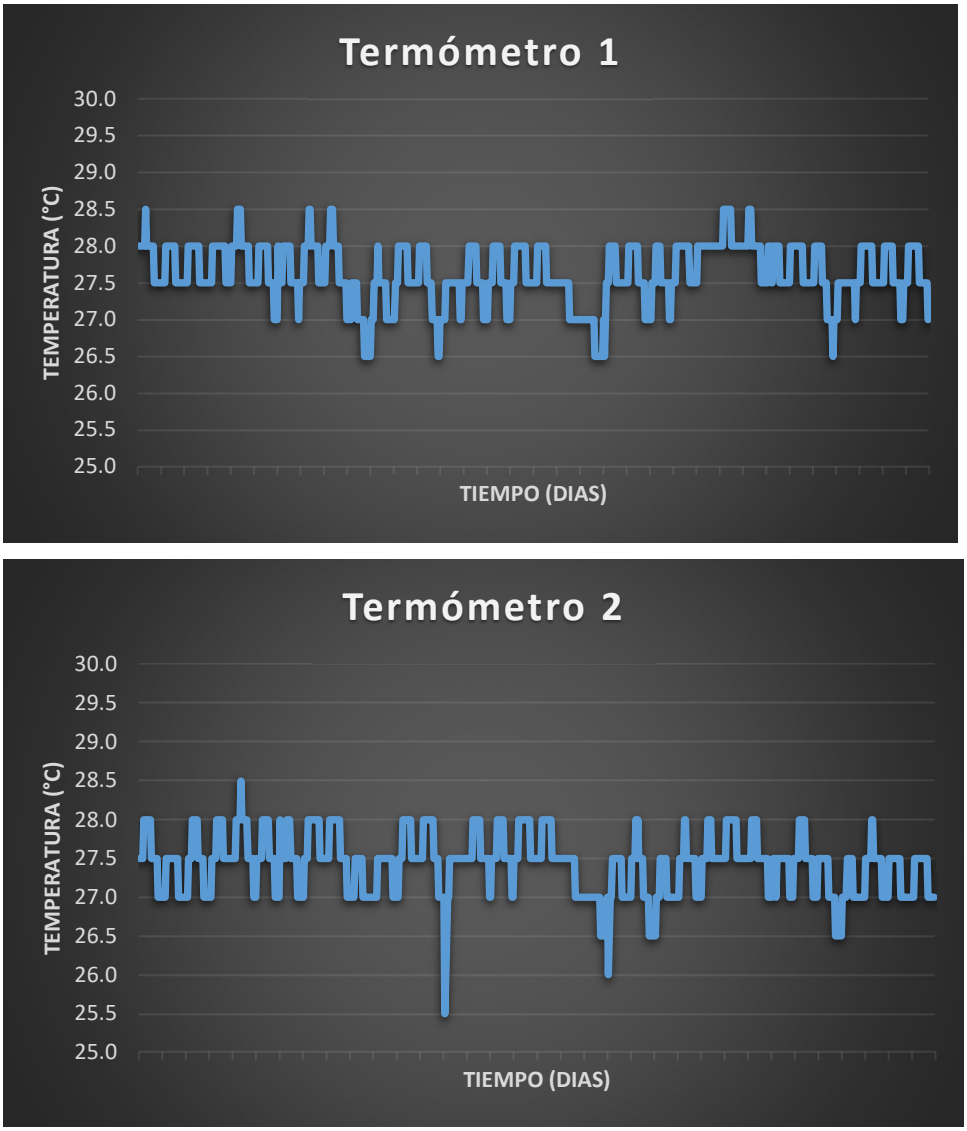


Figura 5. Temperaturas recogidas en dos microcosmos seleccionados al azar durante el periodo de incubación.

Efectos de CES en la descomposición de la materia orgánica

La descomposición de la materia orgánica las primeras 24 h (Figura 7) muestra una pérdida de alrededor del 9% de materia orgánica en los tratamientos de Control, Cafeína y Paracetamol. Se debe agregar que después de 24 horas de incubación, no hubo diferencias significativas en el peso remanente entre los tres tratamientos (Tabla 2).

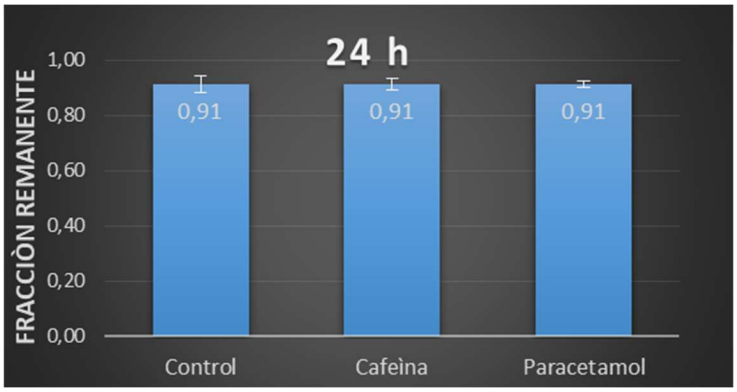


Figura5. Efectos de CES en la descomposición de la materia orgánica las primeras 24 horas

Tabla 2. Resultados de la ANOVA de una vía del material remanente después de 24 horas (n. s., no significativo; CON, Control; CAF, Cafeína; PAR, Paracetamol). No hay diferencias significativas entre los tratamientos con el mismo superíndice.

Variable	Factor	F	*p*	Comparaciones múltiples
Fracción remanente	TRATAMIENTO	$F_{2,12} = 0.61$	$p = 0.608$	CAF^a CON^a PAR^a

Descomposición de los microcosmos

Al finalizar el experimento, los tratamientos que mostraron una mayor pérdida de masa fueron el paracetamol y la cafeína, con una pérdida alrededor del 60%. Por el contrario, se observó una perdida menor de descomposición en el tratamiento control con una pérdida alrededor del 50%.

La pérdida de masa en los microcosmos mostró una pérdida de peso exponencial y se calcularon las tasas de descomposición según este modelo (Figura 2,3 y 4). Los tratamientos de Control, Cafeína y Paracetamol se ajustaron bien al modelo exponencial, que se mostró a través de su R^2 elevada (Tabla 3). La descomposición de la materia orgánica del tratamiento Control mostró una tasa de descomposición de 0.0198 d^{-1}, mientras que los tratamientos con Cafeína y Paracetamol mostraron tasas de descomposición mayores, 0.0279 y 0.0280 d^{-1}. Se observaron diferencias significativas en las tasas de descomposición y las comparaciones múltiples indicaron que estas diferencias ocurren entre el control y ambos tratamientos, sin observarse diferencias significativas (Tabla 4).

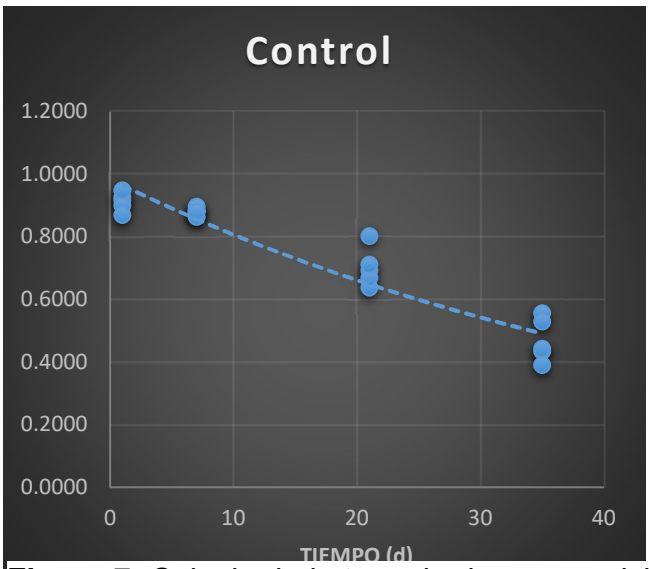


Figura 7. Calculo de la tasa de descomposición en el tratamiento control

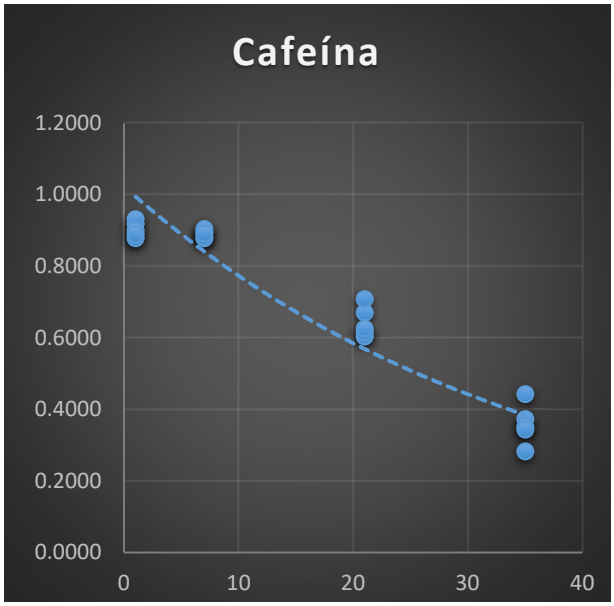


Figura 6. Descomposición microbiana del tratamiento cafeína

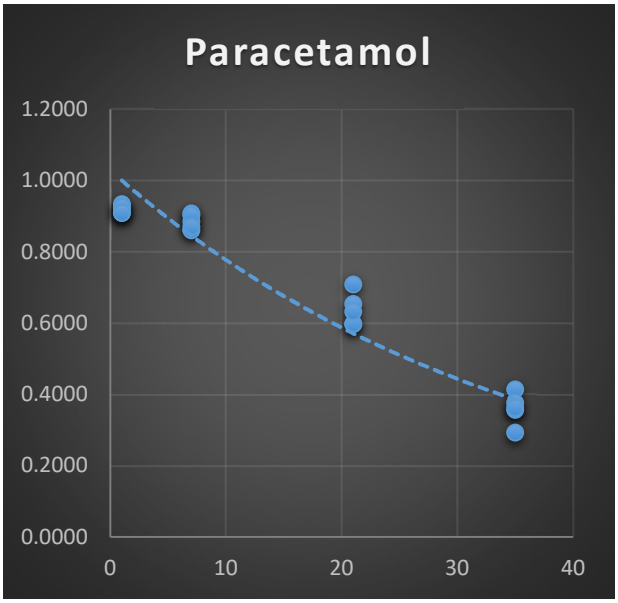


Figura8. Descomposición microbiana del tratamiento paracetamol

Tabla 3. Cálculo de las tasas de descomposición k (pendiente y error estándar, d-1). Se muestra la bondad del ajuste (*, p < 0.05; **, p < 0.01; ***, p < 0.001)

Tratamiento	k (d^{-1})	R^2	*p*
Control	0.0198 ± 0.0017	0.88	$p = 9.07 \times 10^{-10}$
Cafeína	0.0279 ± 0.0021	0.90	$p = 1.79 \times 10^{-10}$
Paracetamol	0.0280 ± 0.0019	0.91	$p = 4.03 \times 10^{-8}$

Tabla 4. Resultados del ANCOVA (Tratamiento x Tiempo) del peso remanente en los microcosmos (CON, Control; CAF, Cafeína; PAR, Paracetamol). No existen diferencias entre los tratamientos con el mismo superíndice.

Factor	F	*p*	Comparaciones múltiples
Tratamiento	$F_{2,54}$=4.022	$p < 0.05$	---
Tiempo	$F_{1,54}$ = 511.399	$p < 0.05$	---
Tratamiento x Tiempo	$F_{2,54}$ =5.909	$p < 0.05$	CON^a CAF^b PAR^b

Respiración sobre los materiales en descomposición

Las tasas de respiración (Figura 10), entre los tratamientos Control, Cafeína y Paracetamol mostraron que al igual que el tratamiento control y paracetamol mantienen niveles de oxigenación iguales alrededor del 20 mg O_2 g^{-1} min^{-1} a diferencia de la cafeína en el cual se puede notar que esta presenta niveles de oxigenación mucho más bajo con alrededor del 14,60 mg O_2 g^{-1} min^{-1}, es decir que este contaminante logra que se mantenga niveles de oxígeno mucho más bajo en

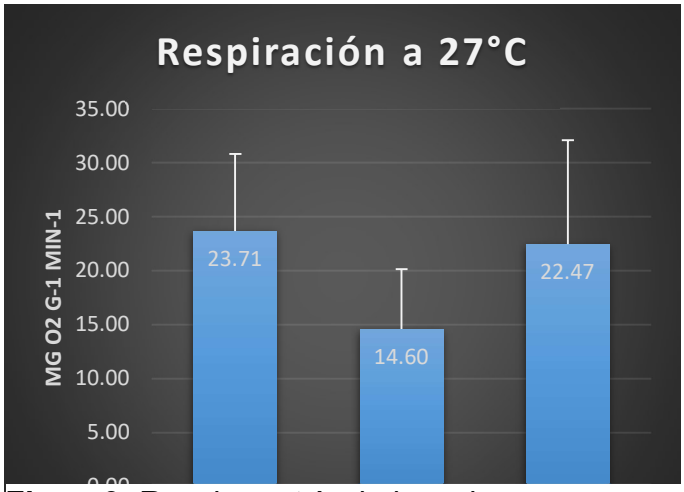


Figura9. Respirometría de los microcosmos

los microcosmos. Sin embargo, las tasas de respiración en el análisis de la varianza entre cada tratamiento no muestran diferencias significativas (Tabla 5).

Tabla 5

Factor	F	*p*	Comparaciones múltiples
TRATAMIENTO	$F_{2,11}$ = 0.61	*p* = 0.161	---

CAPITULO IV: DISCUSIÒN

Los efectos de los contaminantes emergentes son característicos por su escasa biodegradabilidad y su tendencia a acumularse en el medio ambiente. Estos no eran considerados contaminantes ambientales debido a que se desconocía su acumulación, por lo cual sus efectos no son comprendidos en su totalidad, no obstante logran modificar el sistema inmune y endocrino, demostrando su potencialidad sobre la homeostasis de los organismos acuáticos(17).

Sin embargo, según Veliz, Genova (18) El consumo de café a nivel mundial es de 150.3 Millones de sacos en el cual su mayor demanda se sitúa en la Unión Europea, no obstante, Estados Unidos obtiene mayor demanda de cafeína. Se debe agregar que el consumo de café en el Ecuador es el del 40% de la producción nacional que en su mayoría es árabe, siendo el café soluble el de mayor demanda(19). A diferencia del consumo de paracetamol en el cual, se conoce que en el Ecuador el 51% es de venta libre sin ninguna prescripción en farmacias (20).

Respecto a las plantas de tratamiento de aguas residuales y potables a nivel mundial no están diseñadas para la eliminación de contaminantes emergentes convirtiéndose en un reto ecológico necesario para obtener un desempeño eficiente, debido a las conexiones con los cuerpos de agua(21).Las plantas de tratamiento de aguas residuales fueron diseñadas para la eliminación de parámetros de contaminantes convencionales como Dbo_{Sr} , DQO, solidos suspendidos totales o nutrientes, obteniendo una capacidad limitada para la eliminación de contaminantes emergentes como la Cafeína y Paracetamol(22). Es necesario conocer que en la provincia de Esmeraldas no existen plantas de tratamiento de aguas residuales, es decir que estos contaminantes van de forma directa a los ríos sin ningún tipo de control.

Con relación a la cafeína es un contaminante que puede obtener efectos perjudiciales en el ecosistema, siendo un riesgo para el consumo humano y los animales, se conoce que interfiere en el desarrollo de *Chironomus* en

concentraciones de 200 µg.L_{-1} y en el crecimiento y reproducción de *D.magna* (23).Igualmente se observó que la cafeína produce efectos estimulantes en las comunidades de biopelículas y en particular niveles bajos de CE 10 metros g/L, provocando un aumento del crecimiento y del volumen celular (24).Se debe agregar que la cafeína según su CL 50 en *D. magna* es de 445 mg/ L, esta se ve afectada debido a que sus distribuidores endocrinos disminuyen(25). En comparación, el Paracetamol puede ser hepatotóxico en sobredosis, es tan abrupto en *D.magna* que causa mortalidad en concentraciones entre 1,2mgl_1 y 1,7 mg l_1(26). A su vez el paracetamol logro causar el 50% de mortalidad en *D.magna* después de 21 días de concentración de 2,00± 0,30, 5,32± 0,73 y 3,97 ± 0,43 mg/ L(27). Asimismo se observaron que en concentraciones de 4,0 mg L_1, hasta 17,8 mg L_1, fue capaz de provocar disminución significativa en la tasa de aumento de la población (28).

De la misma manera, la descomposición de las 24 horas en nuestro estudio en cuanto a el control y los tratamientos se inició primero en un proceso de descomposición de lixiviado que es común en las hojas y no efecto de los contaminantes en donde el control, la cafeína y paracetamol muestran el 0,91% de la fracción remanente las primeras 24 horas es decir que no existen diferencias significativas entre ellos. A diferencia de Martínez et.al. (29) en la lixiviación las primeras 24 horas sus valores de C,N,P y cenizas en las hojas fueron de 49,35%, 3,10%, 0,084% y 4,14% en bolsas finas aumentan a lo largo del proceso en el cual alcanzaron valores más altos de concentración de nitrógeno.

En esta investigación menciona, que los valores de la tasa de descomposición en la hojarasca en malla fina, la tasa de descomposición de la hojarasca incubada en malla fina osciló entre 0.109% AFDM d^{-1}, es decir que no hubo diferencias significativas entre las tasa de descomposición entre los arroyos(30). En nuestro estudio las tasas de descomposición en el tratamiento control mostro una tasa de descomposición de 0.0198 d^{-1} mientras que en los tratamientos de cafeína y paracetamol mostraron tasas mayores con valores de 0.0279 y 0.0280 d^{-1} en el cual si se observaron diferencias significativas entre las tasa de descomposición.

Asimismo esta investigación contrata con los resultados reflejados con la investigación propuestas, en el cual las tasas de respiración en comparación con los tratamientos en hojas de arce y rododendro asociadas con las hojas del tramo enriquecido de nutrientes fueron más altas que los valores del tratamiento de control para ambos tipos de hojas es decir que los tratamientos en hojas de arce tuvieron tasas de respiración más altas que las asociadas con los tratamiento en hojas de rododendro con un $p< 0,001$ V. Gulis et.al(31). A diferencias de las tasas de respiración de nuestro estudio en el cual no hubo diferencias significativas entre los tratamientos de control y los tratamientos de Cafeína y Paracetamol según el análisis de la varianza con un $p = 0.161$.

Es importante mencionar que la descomposición en los ríos es significativa debido a que es un proceso de importancia vital en los factores bióticos y abióticos, esta materia ingresa al rio en forma de horrasca y esta materia es utilizada en los ríos por los consumidores y trasformada a CO_2 (32). También es necesario mencionar que los efectos que causan estos contaminantes emergentes, la cafeína puede causar efectos sutiles actuando como un contaminante pseudo-persistentes para estar de forma continua en el medio ambiente y se tiene poca información sobre sus efectos crónicos(33).a diferencia del paracetamol que puede causar posibles efectos crónicos incluidos los agudos y daño crónico, acumulación en tejidos, reproductividad, inhibición de la proliferación celular y cambios en el comportamiento incluso en niveles bajos (34). Por los antes mencionado se debería de tener mayor control sobre los contaminantes emergentes, debido a que podrían tener un efecto importante en el funcionamiento ecológico del río.

CAPITULO V: CONCLUSIONES

- La cafeína y paracetamol aceleran el proceso de descomposición, esto es debido a las moléculas de cafeína ($C_8H_{10}N_4O_2$) y paracetamol ($C_8H_9NO_2$).
- La cafeína logra potencialmente reducir las tasas de respiración en un rio
- Los contaminantes emergentes presentan efectos potenciales en la ecología de los ríos debido a que alteran la descomposición de la hojarraca y la respiración

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES

La eliminación de los productos emergentes es fundamental debido a los graves efectos que estos generan incluso a concentraciones a bajas concentraciones. Para ellos se necesita nuevos tratamientos en las plantas de aguas residuales, por este se recomienda seguir impulsando los estudios de contaminantes emergentes para el cuidado de los animales y seres humanos.

Realizar estudios de concentraciones de contaminantes emergentes debido a la falta de información sobre los efectos que estos generan.

Incentivar las investigaciones sobre los microcosmos en los ecosistemas acuáticos.

Bibliografía

1. Egea Á. Eliminación de contaminantes emergentes en agua residual para su posterior reutilización. J Chem Inf Model. 2013;53(9):1689–99.
2. Montesdeoca-Esponda S, Estévez E, Cabrera Mc, Sosa-Ferrera Z, Santana-Rodríguez JJ. Determinación de contaminantes emergentes en aguas subterráneas del noreste de Gran Canaria. II Work Estud Aprovech y gestión del agua en terrenos e islas volcánicas. 2015;231–8.
3. Cartagena CJ. Emerging organic pollutants in environment: Pharmaceutical products. Rev Lasallista Investig. 2011;8(2):143–53.
4. Gil Garzón M, Soto A, Usma Gutierrez J, Gutiérrez Florez O. Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. Prod + Limpia. 2012;7(2):52–73.
5. Osorio V, Larrañaga A, Aceña J, Pérez S, Barceló D. Concentration and risk of pharmaceuticals in freshwater systems are related to the population density and the livestock units in Iberian Rivers. Sci Total Environ [Internet]. 2016;540:267–77. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.143
6. Mora J. Uso de macroinvertebrados como metodo de evaluacion de la calidad del rio Salima Atacames. 2018;1–56.
7. MINA BEQ. Escuela de gestión ambiental. 2018;
8. Maycock DS, Watts CD. Pharmaceuticals in Drinking Water. Encycl Environ Heal. 2011;472–84.
9. Elorriaga Y, Marino D, Carriquiriborde P, Ronco A. Emerging pollutants: pharmaceuticals in the environment. Rev Digit Univ [Internet]. 2012; Available from: https://pdfs.semanticscholar.org/de0b/fdb29d61ef853fa2c67336b2da6bec0df105.pdf
10. PAZ DRVS. TESIS CUENCA. 2014;1–42.
11. González-Alonso S, Merino LM, Esteban S, López de Alda M, Barceló D, Durán JJ, et al. Occurrence of pharmaceutical, recreational and psychotropic drug residues in surface water on the northern Antarctic Peninsula region. Environ Pollut. 2017;229:241–54.
12. Jijón N, Molinero J. Benthic coarse particulate organic matter in two tropical rivers from the chocó region of Ecuador? Limnetica. 2019;38(2):653–67.
13. Solagaistua L, de Guzmán I, Barrado M, Mijangos L, Etxebarria N, García-Baquero G, et al. Testing wastewater treatment plant effluent effects on microbial and detritivore performance: A combined field and laboratory experiment. Aquat Toxicol. 2018;203(August):159–71.

14. Rodayan A, Afana S, Segura PA, Sultana T, Metcalfe CD, Yargeau V. Linking drugs of abuse in wastewater to contamination of surface and drinking water. Environ Toxicol Chem. 2016;35(4):843–9.

15. Molinero J, Barrado M, Guijarro M, Ortiz M, Carnicer O, Zuazagoitia D. The teaone river: A snapshot of a tropical river from the coastal region of Ecuador. Limnetica. 2019;38(2):587–605.

16. GAD de Esmeraldas. Plan de ordenamiento territorial de Esmeraldas 2015 - 2020. 2015;153. Available from: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0860000160001_DIAGNÓSTICO - PDOT PROVINCIA DE ESMERALDAS 19 de Mayo 2015_19-05-2015_18-22-08.pdf

17. Janet Gil M, María Soto A, Iván Usma J, Darío Gutiérrez O. Emerging contaminants in waters: effects and possible treatments Contaminantes emergentes em águas, efeitos e possíveis tratamentos. 2012;7(2):52–73. Available from: http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf

18. VELIZ GV. UNIVERSIDAD TÉNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS, SOCIAL Y DE LA EDUCACIÓN PSICOLOGÍA CLINICA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: PSICOLOGÍA CLÍNICA TEMA: CONSUMO DE CAFEINA Y EL TRASTORNO DE ANSIEDAD EN ADULTOS. 2018.

19. Carvalho R De, Freitas M. Análisis de canales de comercalización y consumo de Café en el Ecuador. 2008 [cited 2021 Apr 28];1–25. Available from: http://www.eumed.net/rev/caribe/2016/05/cafe.html

20. ROSERO R. ANÁLISIS DEL USO DE ANTIINFLAMATORIOS NO ESTEROIDALES NO INCLUÍDOS EN EL CUADRO NACIONAL DE MEDICAMENTOS BÁSICOS DEL ECUADOR, EN EL ÁREA DE EMERGENCIAS DEL HOSPITAL IESS AMBATO, PERÍODO ABRIL - JUNIO DE 2015.”. 2016 [cited 2021 Apr 28];5. Available from: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/14110/1/96T00582.pdf

21. Montesinos ASM. DISEÑO Y CONTRUCCION DE UN SISTEMA INTEGRAL ANAEROBIO-HUMEDAL PARA LA ELIMINACION DE RESIDUOS DE DICLOFENACO Y PARACETAMOL EN AGUAS RESIDUALES [Internet]. 2016 [cited 2021 Apr 28]. 68–70 p. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Salomon-Barrezueta-Unda/publication/303720118_ANALISIS_DE_CANALES_DE_COMERCIALIZACION_Y_CONSUMO_DE_CAFE_COFFEA_ARABICA_EN_LA_CIUDAD_DE_MACHALA_ECUADOR/links/574f32e808aef199238e4408/ANALISIS-DE-CANALES-DE-COMERCIALIZAC

22. Saux C, Transición D. MICROCONTAMINANTES EMERGENTES EN AGUAS: TIPOS Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO [Internet]. Vol. 3, Avances en Ciencias e Ingeniería. 2012 [cited 2021 Apr 28]. Available from: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323631115001

23. Philippini RR. Universidade De São Universidade De São. TesesUspBr [Internet]. 2004;126(16):2016. Available from: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/47/47134/tde-16092016-150334/en.php

24. Brausch JM, Connors KA, Brooks BW, Rand GM. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology Volume 218 [Internet]. Vol. 218. 2012. 1–99 p. Available from: http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-1-4614-3137-4

25. Bang SH, Ahn JY, Hong NH, Sekhon SS, Kim YH, Min J. Acute and chronic toxicity assessment and the gene expression of Dhb, Vtg, Arnt, CYP4, and CYP314 in Daphnia magna exposed to pharmaceuticals. Mol Cell Toxicol. 2015;11(2):153–60.

26. Nunes B, Antunes SC, Santos J, Martins L, Castro BB. Toxic potential of paracetamol to freshwater organisms: A headache to environmental regulators? Ecotoxicol Environ Saf [Internet]. 2014;107:178–85. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.05.027

27. Du J, Mei CF, Ying GG, Xu MY. Toxicity Thresholds for Diclofenac, Acetaminophen and Ibuprofen in the Water Flea Daphnia magna. Bull Environ Contam Toxicol. 2016;97(1):84–90.

28. De Oliveira LLD, Antunes SC, Gonçalves F, Rocha O, Nunes B. Acute and chronic ecotoxicological effects of four pharmaceuticals drugs on cladoceran Daphnia magna. Drug Chem Toxicol. 2016;39(1):13–21.

29. Martínez A, Pérez J, Molinero J, Sagarduy M, Pozo J. Effects of flow scarcity on leaf-litter processing under oceanic climate conditions in calcareous streams. Sci Total Environ [Internet]. 2015;503–504:251–7. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.018

30. Martínez A, Monroy S, Pérez J, Larrañaga A, Basaguren A, Molinero J, et al. In-stream litter decomposition along an altitudinal gradient: does substrate quality matter? Hydrobiologia. 2016;766(1):17–28.

31. SUBERKROPP VG y K. Descomposición de la hojarasca y actividad microbiana en tramos inalterados y enriquecidos con nutrientes de una corriente de cabecera. 2003;123–34.

32. Cevallos JFP, Tesis. El rol de los macroinvertebrados acuáticos en la descomposición de hojarasca en ríos altoandinos tropicales. 2012;

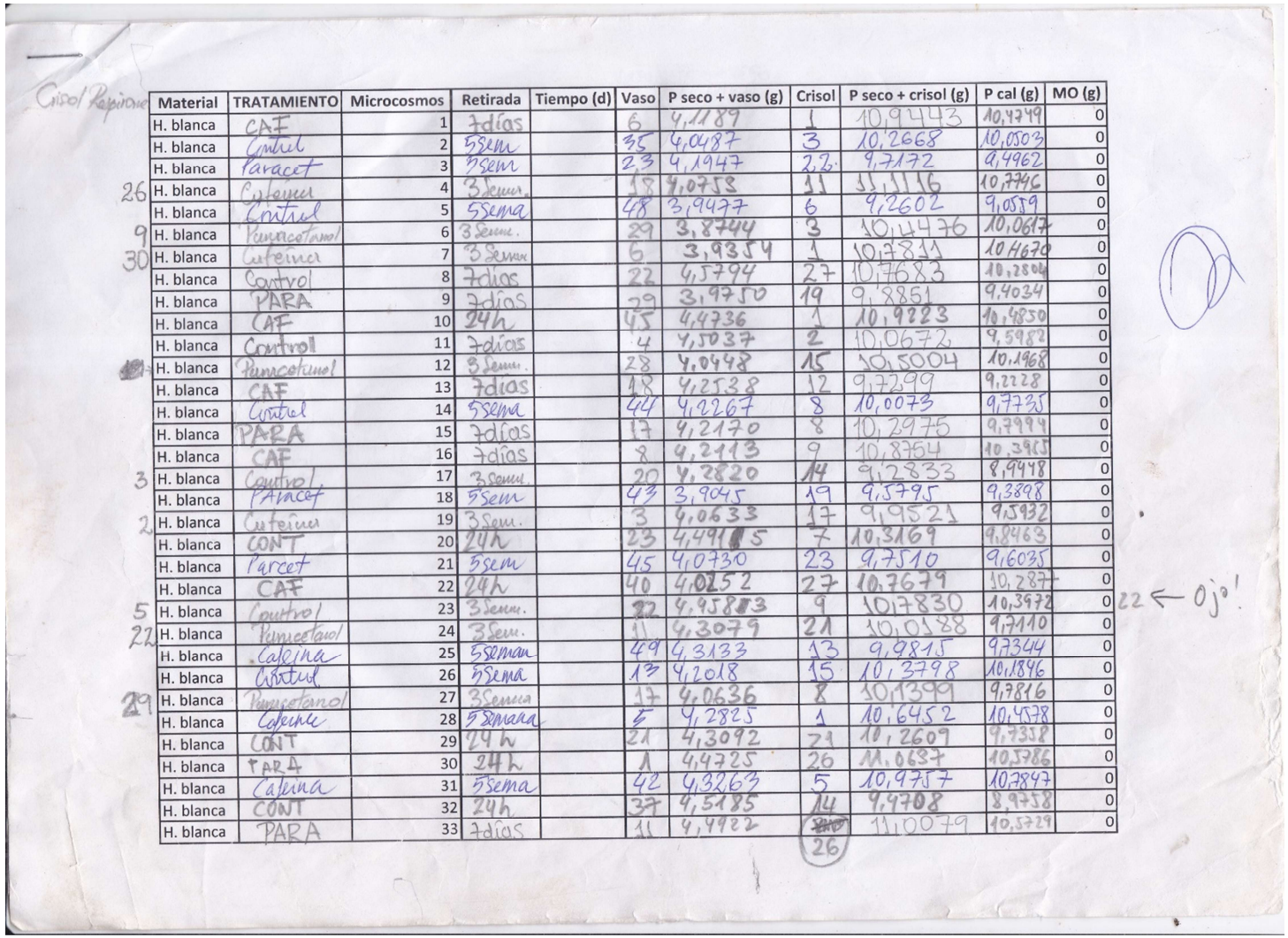
33. Zarrelli A, Dellagreca M, Rosaria M, Lavorgna M, Temussi F, Schiavone L, et al. Science of the Total Environment Ecotoxicological evaluation of caffeine and its derivatives from a simulated chlorination step. Sci Total Environ [Internet]. 2014;470–471:453–8. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.005

34. Wu S, Zhang L, Chen J. Paracetamol in the environment and its degradation

by microorganisms. Appl Microbiol Biotechnol. 2012;96(4):875–84.

Anexos

Anexo 1. Regsitro oficial de ingreso de los microcosmos

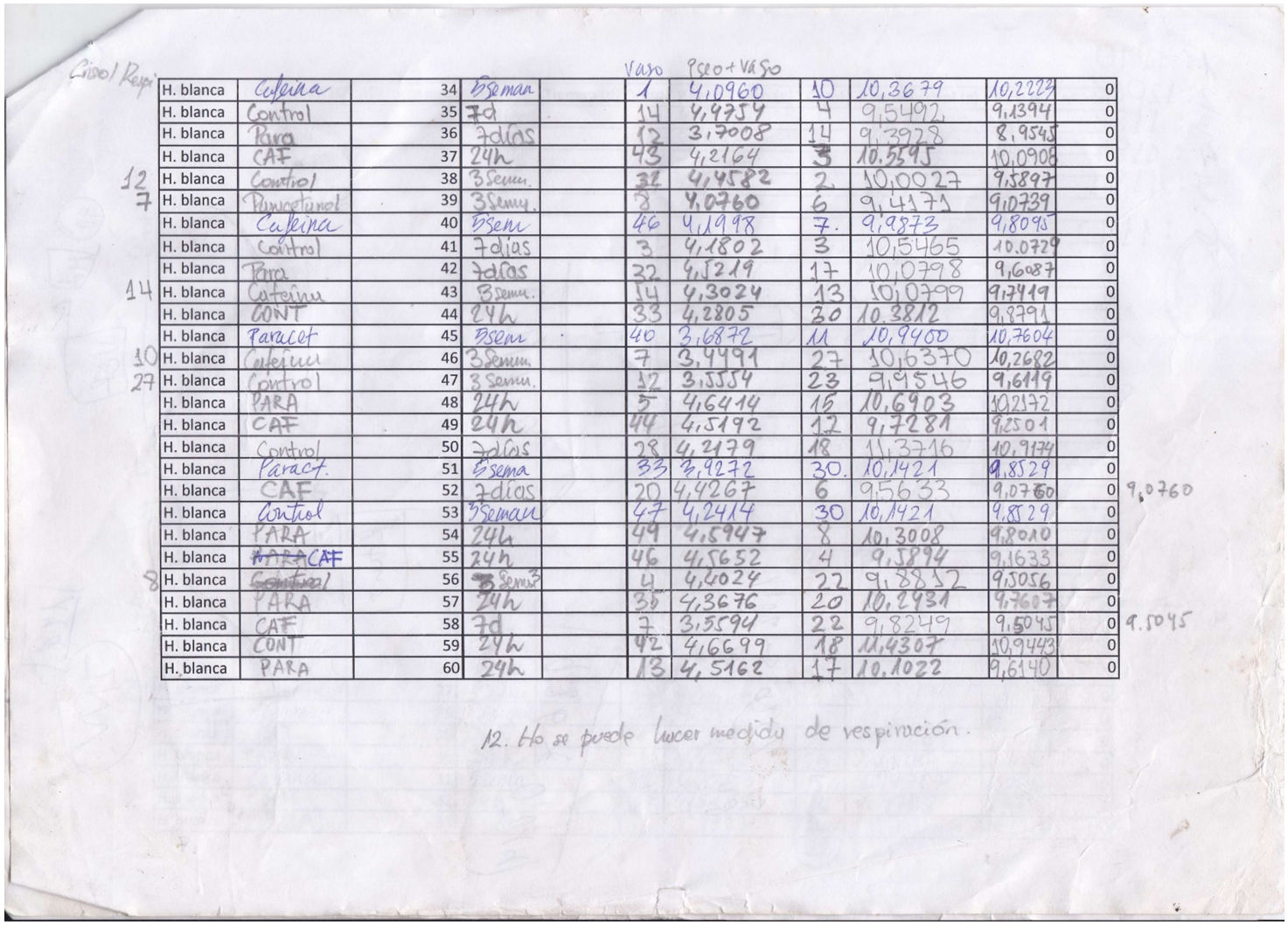


Crisol Respiro

Material	TRATAMIENTO	Microcosmos	Retirada	Tiempo (d)	Vaso	P seco + vaso (g)	Crisol	P seco + crisol (g)	P cal (g)	MO (g)
H. blanca	CAF	1	7días		6	4,1189	1	10,9243	10,4749	0
H. blanca	Control	2	5Sem		35	4,0487	3	10,2668	10,0503	0
H. blanca	Paracet	3	5sem		23	4,1947	22	9,7172	9,4962	0
H. blanca	Cafeina	4	3Semn.		18	4,0758	11	11,1116	10,7746	0
H. blanca	Control	5	5Sema		48	3,9477	6	9,2602	9,0589	0
H. blanca	Paracetamol	6	3Semn.		29	3,8744	3	10,4476	10,0617	0
H. blanca	Cafeina	7	3Semn		6	3,9354	1	10,7811	10,4670	0
H. blanca	Control	8	7días		22	4,5794	27	10,7683	10,2804	0
H. blanca	PARA	9	7días		29	3,9750	19	9,8851	9,4034	0
H. blanca	CAF	10	24h		45	4,4736	1	10,9223	10,4850	0
H. blanca	Control	11	7días		4	4,5037	2	10,0672	9,5982	0
H. blanca	Paracetamol	12	3Semn.		28	4,0448	15	10,5004	10,1968	0
H. blanca	CAF	13	7días		13	4,2538	12	9,7299	9,2228	0
H. blanca	Control	14	5Sema		44	4,2267	8	10,0073	9,7735	0
H. blanca	PARA	15	7días		17	4,2170	8	10,2975	9,7994	0
H. blanca	CAF	16	7días		8	4,2113	9	10,8754	10,3965	0
H. blanca	Control	17	3Semn.		20	4,2820	14	9,2833	8,9948	0
H. blanca	PAracet	18	5Sem		43	3,9045	19	9,5795	9,3898	0
H. blanca	Cafeina	19	3Sem.		3	4,0633	17	9,9521	9,5932	0
H. blanca	CONT	20	24h		23	4,4918 5	7	10,3169	9,8463	0
H. blanca	Parcet	21	5Sem		45	4,0730	23	9,7510	9,6035	0
H. blanca	CAF	22	24h		40	4,0252	27	10,7679	10,2877	0
H. blanca	Control	23	3Semn.		22	4,9583	9	10,7830	10,3972	0
H. blanca	Paracetamol	24	3Semn.		11	4,3079	21	10,0188	9,7110	0
H. blanca	Cafeina	25	5Seman		49	4,3133	13	9,9815	9,7344	0
H. blanca	Control	26	5Sema		13	4,2018	15	10,3798	10,1846	0
H. blanca	Paracetamol	27	3Semna		17	4,0636	8	10,1399	9,7816	0
H. blanca	Cafeina	28	5Semana		5	4,2825	1	10,6452	10,4578	0
H. blanca	CONT	29	24h		21	4,3092	21	10,2609	9,7358	0
H. blanca	PARA	30	24h		1	4,4725	26	11,0637	10,5786	0
H. blanca	Cafeina	31	5Sema		42	4,3263	5	10,9757	10,7847	0
H. blanca	CONT	32	24h		37	4,5185	14	9,4708	8,9758	0
H. blanca	PARA	33	7días		11	4,4922	26	11,0079	10,5729	0

22 ← Ojo!

Anexo 2.

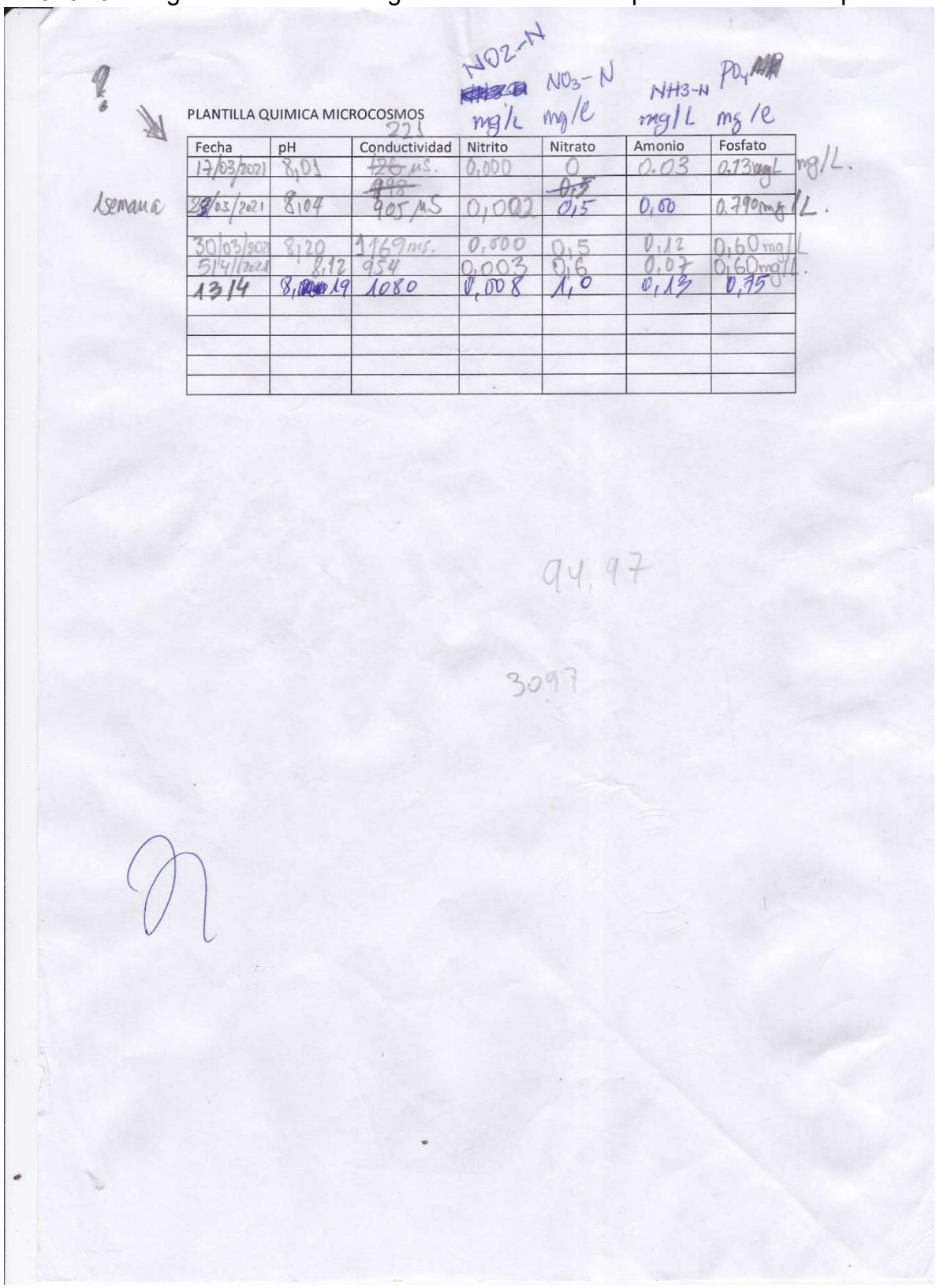


Ciclo Respi

	H. blanca	Cafeina	34	2Semana		Vaso 1	Peso+Vaso 4,0960	10	10,3679	10,2223	0	
	H. blanca	Control	35	7d		14	4,4754	4	9,5492	9,1394	0	
	H. blanca	Para	36	7días		12	3,7008	14	9,3978	8,9545	0	
	H. blanca	CAF	37	24h		43	4,2164	3	10,5595	10,0908	0	
12	H. blanca	Control	38	3Semn.		32	4,4582	2	10,0027	9,5897	0	
7	H. blanca	Paracetamol	39	3Semn.		8	4,0760	6	9,4171	9,0739	0	
	H. blanca	Cafeina	40	2Sem		46	4,1998	7	9,9873	9,8095	0	
	H. blanca	Control	41	7días		3	4,1802	3	10,5465	10.0729	0	
	H. blanca	Para	42	7días		22	4,5219	17	10,0798	9,6087	0	
14	H. blanca	Cafeina	43	3Semn.		14	4,3024	13	10,0799	9,7419	0	
	H. blanca	CONT	44	24h		33	4,2805	30	10.3812	9,8791	0	
	H. blanca	Paracet	45	2Sem		40	3,6872	11	10,9400	10,7604	0	
10	H. blanca	Cafeina	46	3Semn.		7	3,4491	27	10,6370	10,2682	0	
27	H. blanca	Control	47	3 Semn.		12	3,5554	23	9,9546	9,6119	0	
	H. blanca	PARA	48	24h		5	4,6414	15	10,6903	10,2172	0	
	H. blanca	CAF	49	24h		44	4,5192	12	9,7281	9,2501	0	
	H. blanca	Control	50	7días		28	4,2179	18	11,3716	10,9174	0	
	H. blanca	Paract.	51	2Sema		33	3,9272	30	10,1421	9,8529	0	
	H. blanca	CAF	52	7días		20	4,4267	6	9,5633	9,0760	0	9,0760
	H. blanca	Control	53	3Semana		47	4,2414	30	10,1421	9,8529	0	
	H. blanca	PARA	54	24h		49	4,5947	8	10,3008	9,8010	0	
	H. blanca	~~PARA~~CAF	55	24h		46	4,5652	4	9,5894	9,1633	0	
8	H. blanca	~~Control~~	56	~~3~~ Semn3		4	4,4024	22	9,8832	9,5056	0	
	H. blanca	PARA	57	24h		36	4,3676	20	10,2931	9,7607	0	
	H. blanca	CAF	58	7d		7	3,5594	22	9,8249	9,5045	0	9,5045
	H. blanca	CONT	59	24h		42	4,6699	18	11,4307	10,9443	0	
	H. blanca	PARA	60	24h		13	4,5162	17	10,1022	9,6140	0	

12. No se puede hacer medida de respiración.

Anexo 3. Registro oficial de ingreso de datos de parámetros fisicoquímicos



PLANTILLA QUIMICA MICROCOSMOS

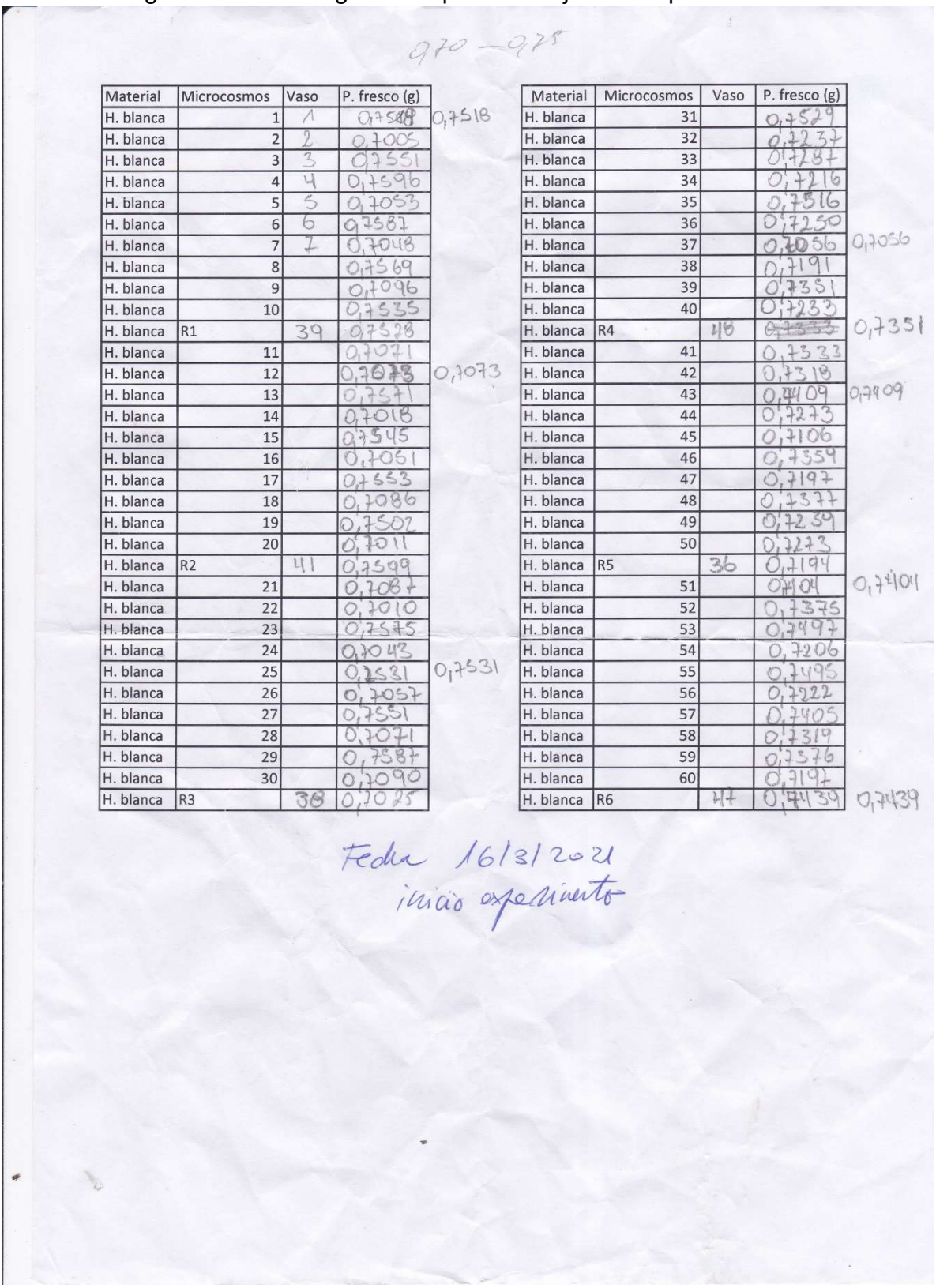
Fecha	pH	Conductividad	Nitrito	Nitrato	Amonio	Fosfato
17/03/2021	8,01	~~126~~ 221 µS.	0,000	0	0.03	0.13 mg/L.
		~~918~~		~~0,5~~		
~~28~~/03/2021	8,104	905 µS	0,002	0,5	0,00	0.790 mg/L.
30/03/2021	8,20	1169 ms.	0,000	0,5	0,12	0,60 mg/L
5/4/2021	8,12	954	0,003	0,6	0,07	0,60 mg/L.
13/4	8,19	1080	0,008	1,0	0,13	0,75

NO2-N ~~mg/L~~ | NO3-N mg/L | NH3-N mg/L | PO4 mg/L

94,47

3097

Anexo 4. Registro oficial de ingreso del peso de hoja blanca para cada microcosmos



970 — 975

Material	Microcosmos	Vaso	P. fresco (g)	
H. blanca	1	1	0,7548	0,7518
H. blanca	2	2	0,7005	
H. blanca	3	3	0,7551	
H. blanca	4	4	0,7596	
H. blanca	5	5	0,7053	
H. blanca	6	6	0,7587	
H. blanca	7	7	0,7048	
H. blanca	8		0,7569	
H. blanca	9		0,7096	
H. blanca	10		0,7535	
H. blanca	R1	39	0,7528	
H. blanca	11		0,7071	
H. blanca	12		0,7073	0,7073
H. blanca	13		0,7571	
H. blanca	14		0,7018	
H. blanca	15		0,7545	
H. blanca	16		0,7051	
H. blanca	17		0,7553	
H. blanca	18		0,7086	
H. blanca	19		0,7502	
H. blanca	20		0,7011	
H. blanca	R2	41	0,7599	
H. blanca	21		0,7087	
H. blanca	22		0,7010	
H. blanca	23		0,7575	
H. blanca	24		0,7043	
H. blanca	25		0,7531	0,7531
H. blanca	26		0,7057	
H. blanca	27		0,7551	
H. blanca	28		0,7071	
H. blanca	29		0,7587	
H. blanca	30		0,7090	
H. blanca	R3	38	0,7025	

Material	Microcosmos	Vaso	P. fresco (g)	
H. blanca	31		0,7529	
H. blanca	32		0,7237	
H. blanca	33		0,7287	
H. blanca	34		0,7216	
H. blanca	35		0,7516	
H. blanca	36		0,7250	
H. blanca	37		0,7056	0,7056
H. blanca	38		0,7191	
H. blanca	39		0,7351	
H. blanca	40		0,7233	
H. blanca	R4	48	0,7355	0,7351
H. blanca	41		0,7333	
H. blanca	42		0,7318	
H. blanca	43		0,7409	0,7409
H. blanca	44		0,7273	
H. blanca	45		0,7106	
H. blanca	46		0,7359	
H. blanca	47		0,7197	
H. blanca	48		0,7377	
H. blanca	49		0,7239	
H. blanca	50		0,7273	
H. blanca	R5	36	0,7194	
H. blanca	51		0,7401	0,7401
H. blanca	52		0,7375	
H. blanca	53		0,7497	
H. blanca	54		0,7206	
H. blanca	55		0,7495	
H. blanca	56		0,7222	
H. blanca	57		0,7405	
H. blanca	58		0,7319	
H. blanca	59		0,7576	
H. blanca	60		0,7197	
H. blanca	R6	47	0,7439	0,7439

Fecha 16/3/2021
inicio experimento

Anexo 5. Preparación de los microcosmos



Anexo 6. Adición de los contaminantes emergentes a los microcosmos



Anexo 7. Recolección de microcosmos



Anexo 8. Ingreso de lo microcosmos a la estufa a 65°



Anexo 9. Microcosmos en el desecador



Anexo 10. Calculo de las tasas de respiración

