



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

UNIDAD DE POSTGRADO, INVESTIGACION Y DESARROLLO

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL

**EVALUACIÓN ECOTOXICOLÓGICA MEDIOAMBIENTAL DE
LOS RESIDUOS DE LA PANIFICADORA “ESTRELLA DEL
EDÉN” PLAN PILOTO**

**TESIS PRESENTADA PARA OPTAR POR EL GRADO
ACADÉMICO DE MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN
AMBIENTAL**

AUTOR

ING. JESUS CEDEÑO VELÉZ

TUTOR

ING. MARLON JAVIER MERA PÁRRAGA

JIPIJAPA, ECUADOR

2015



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

| | |
|---|--|
| TÍTULO Y SUBTÍTULO: EVALUACIÓN ECOTOXICOLÓGICA MEDIOAMBIENTAL DE LOS RESIDUOS DE LA PANIFICADORA "ESTRELLA DEL EDÉN" PLAN PILOTO. | |
| AUTOR: Ing. Jesús Cedeño Vélez | TUTOR: Ing. Marlon Javier Mera Párraga |
| | REVISORES: Ing. Víctor Hugo Briones |
| INSTITUCIÓN: Universidad de Guayaquil | FACULTAD: Unidad de Postgrado, Investigación y Desarrollo |
| CARRERA: MAESTRIA EN ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL | |
| FECHA DE PUBLICACIÓN: Agosto del 2015 | No. DE PÁGS: 74 |
| TÍTULO OBTENIDO: Ingeniero Químico | |
| ÁREAS TEMÁTICAS: Medio Ambiental | |
| PALABRAS CLAVE: Crecimiento y Elongación de la Raíz, Mortalidad, Biomonitorio, Contaminación Ambiental, Ecotoxicología. | |
| RESUMEN: Se realizó una caracterización ecotoxicológica de los residuales de una panificadora del sector privado de la Ciudad de Portoviejo. Se tuvo en cuenta que los contaminantes generados se vierten directamente a colectores que van al río, desconociéndose el grado de contaminación que los mismos ocasionan al ecosistema; lo que los convierte de facto en residuales potencialmente tóxicos sobre el ecosistema, por lo que fue necesario conocer el posible nivel de riesgo que representan estos residuos, así como sus posibles interacciones con los diferentes niveles bióticos y compartimentos ambientales sobre los que inciden. Para lograr este propósito se recolectaron muestras dos veces a la semana, durante un período de seis meses, y se procedió a evaluar el potencial tóxico de estos residuos mediante el uso de modelos experimentales representativos de los compartimentos ambientales sobre los que estos inciden. Se determinó cuáles son los contaminantes que se generan en el proceso de fabricación del pan y los puntos críticos de ese proceso en los que se generan los mismos; a partir de lo cual se estudió el efecto que estos ocasionan en modelos experimentales que habitan en el compartimento ambiental a donde llegan los residuales generados. Para el procesamiento, análisis y discusión de los resultados se utilizó un diseño no experimental y longitudinal auxiliado por programas estadísticos profesionales adecuados a los diseños experimentales; arribándose a la conclusión de que estos residuales son potencialmente ecotóxicos. Todo lo cual sirvió de punto de partida para recomendar planes de manejo dirigidos a minimizar el impacto que sobre el medioambiente ocasionan los contaminantes generados en la panificadora. | |
| No. DE REGISTRO (en base de datos): | No. DE CLASIFICACIÓN: |
| DIRECCIÓN URL (tesis en la web): | |
| ADJUNTO PDF: | SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> |
| CONTACTO CON AUTOR/ES | Teléfono: 0991417141 Email: ing.jesuseduardo@hotmail.com |
| CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN: | Nombre: Unidad de Postgrado Investigación y Desarrollo |
| | Teléfono: 2325530-38 Ext. 114 |
| | E-mail: fca@uta.edu.ec |

CERTIFICADO DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del programa de maestría en Administración Ambiental, nombrado por el Director General de la Unidad de Postgrado, Investigación y Desarrollo, CERTIFICO: que he analizado la tesis presentada como requisito para optar por el grado académico de Magister en Administración Ambiental, titulada: **“EVALUACIÓN ECOTOXICOLÓGICA MEDIOAMBIENTAL DE LOS RESIDUOS DE LA PANIFICADORA “ESTRELLA DEL EDEN” PLAN PILOTO,** la cual cumple con los requisitos académicos, científicos y formales que demanda el reglamento de postgrado.

Agosto del 2015



Ing. Marlon Javier Mera Párraga

C.I. 130905138-9

Tutor

CERTIFICACION DEL GRAMÁTICO

CARLOS ALBERTO LITARDO VELAZQUEZ Magister en Docencia e Investigación Educativa, con el registro del SENECYT No. 1009-11-732961 por medio del presente tengo a bien CERTIFICAR: Que he revisado la redacción, estilo y ortografía de la tesis de grado elaborada por el SR. JESUS EDUARDO CEDEÑO VELEZ con C.I. # 131025354-5, previo a la obtención del título de MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL

TEMA DE TESIS: “EVALUACIÓN ECOTOXICOLÓGICA MEDIOAMBIENTAL DE LOS RESIDUOS DE LA PANIFICADORA “ESTRELLA DEL EDEN” PLAN PILOTO.



CARLOS ALBERTO LITARDO VELAZQUEZ

C.I. # 130932896-9

NÚMERO DE TELEFONO FIJO Y CELULAR: 052654-731 0990763751

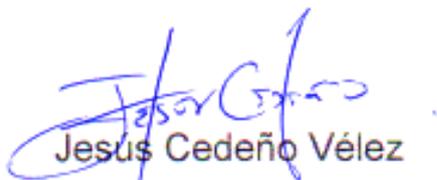
CORREO: litacar_28@hotmail.com

AUTORÍA

Los pensamientos, ideas, opiniones, interpretaciones, conclusiones y recomendaciones, así como la información obtenida en este trabajo de investigación, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Debo manifestar además que éste trabajo de grado no ha sido presentado para optar por ningún otro título o grado anteriormente.

Agosto del 2015


Jesús Cedeño Vélez
C.C. No. 131025354-5

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de todo corazón al Rey Supremo Papá Dios quién me ha dado fuerzas y entendimiento para superar las adversidades de la vida, a mis Padres que con su paciencia y amor me dieron fortaleza para seguir adelante, a mis hermanos que con sus bromas me sustentaron en los momentos difíciles y a mi Tío Julio quien me apoyo siempre. Gente que me enseñó el valor de la perseverancia, del amor y la verdadera amistad.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron a la elaboración del presente trabajo investigativo, en especial a Dios por ser mi sustentador y permitirme disfrutar de mis Padres y familia durante esta etapa de mi vida, al Dr. Remigio Cortés Rodríguez y al Ing. Marlon Mera por su desinteresada colaboración y guía durante el desarrollo del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| PORTADA..... | I |
| REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA | II |
| CERTIFICADO DEL TUTOR | III |
| CERTIFICACION DEL GRAMÁTICO | IV |
| CERTIFICACIÓN DEL GRAMÁTICO | IV |
| AUTORÍA..... | V |
| DEDICATORIA | VI |
| AGRADECIMIENTO | VII |
| ÍNDICE GENERAL..... | VIII |
| ÍNDICE DE TABLAS | XI |
| RESUMEN..... | XII |
| SUMMARY..... | XIII |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 1.1.1. DETERMINACION DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 1.1.2. JUSTIFICACIÓN..... | 3 |
| 1.1.3. VIABILIDAD | 4 |
| 1.2. OBJETIVOS..... | 4 |
| 1.2.1. OBJETIVO GENERAL | 4 |
| 1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 4 |
| 1.3. HIPÓTESIS..... | 5 |
| 1.4. VARIABLES | 5 |
| 1.4.1. VARIABLES DEPENDIENTES | 5 |
| 1.4.2. VARIABLES INDEPENDIENTES..... | 5 |
| 1.4.3. VARIABLES INTERVINIENTES | 5 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 6 |

| | |
|---|----|
| 2.1. FUNDAMENTACIÓN | 6 |
| 2.1.1. LOS ALIMENTOS | 6 |
| 2.2. REGULACIONES ECUATORIANAS PARA REGISTRAR ALIMENTOS ... | 12 |
| 2.2.1. CODIGO DE SALUD (libro II) TITULO IV DEL REGISTRO SANITARIO | 12 |
| 2.2.2. REGLAMENTO DE REGISTRO Y CONTROL SANITARIO | 13 |
| 2.2.3. REQUISITOS ALIMENTOS NACIONALES | 14 |
| 2.2.4. REQUISITOS ALIMENTOS INTERNACIONALES | 14 |
| 2.4. CONCEPTOS RELACIONADOS CON ECOTOXICOLOGÍA..... | 15 |
| 2.3.1. EXOTOXICOLOGÍA..... | 19 |
| 2.3.2. PROCESO ECOTÓXICOCINÉTICO Y ECOTÓXICODINÁMICO DE LOS CONTAMINANTES..... | 20 |
| 2.3.3. ETAPAS DE PROCESOS ECOTÓXICOCINÉTICO Y ECOTÓXICODINÁMICO..... | 20 |
| 2.3.4. ENSAYOS ECOTOXICOLÓGICOS PARA MONITOREO AMBIENTAL | 22 |
| 2.4. CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA DE ALIMENTOS Y AGUA | 34 |
| 2.4.1. BACTERIAS TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS Y AGUA | 34 |
| 2.5. EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES | 35 |
| 2.5.1. ELALCANTARILLADO..... | 36 |
| 2.5.2. SISTEMA DE DRENAJE URBANO | 37 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 39 |
| 3.1. MATERIALES | 39 |
| 3.1.1. LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN | 39 |
| 3.1.2. PERIODO DE LA INVESTIGACIÓN | 39 |
| 3.1.3. RECURSOS EMPLEADOS | 39 |
| 3.1.4. UNIVERSO | 40 |
| 3.1.5. MUESTRA | 40 |

| | |
|--|----|
| 3.2. METODOS..... | 40 |
| 3.2.1.TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 40 |
| 3.2.2.DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | 40 |
| 3.2.3.METODOLOGÍAS | 40 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 42 |
| 4.1. ANÁLISIS DE MATERIAS PRIMAS USADAS PARA LA ELABORACIÓN DEL PAN QUE PUDIERAN CONSIDERARSE RESIDUOS | 43 |
| 4.2. ENSAYO DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS Y CRECIMIENTO DE PLANTAS..... | 45 |
| 4.2.1. Germinación de Lactuca sativa L (lechuga)..... | 45 |
| 4.3. ENSAYO DE CRECIMIENTO DE PLANTAS..... | 47 |
| 4.4. DETERMINACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN LA PANIFICADORA..... | 49 |
| 4.4.1. Impacto sobre los diferentes compartimentos del ecosistema..... | 50 |
| 4.5. PROPUESTA DE PLAN DE MEDIDAS PARA EL MANEJO AMBIENTAL EN LA PANIFICADORA..... | 51 |
| 4.5.1 Plan de medidas para el manejo ambiental en la panificadora. | 51 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 55 |
| 5.1. CONCLUSIONES | 55 |
| 5.2. RECOMENDACIONES..... | 56 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA | 57 |
| 7. ANEXOS..... | 60 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabla No. 1 | Materias primas utilizadas en el proceso de moldes y bollería.... | 43 |
| Tabla No. 2 | Ensayo de germinación de semillas de <i>Lactuca sativa L</i> (lechuga). | 45 |
| Tabla No. 3 | Crecimiento de plantas y parámetros relacionados..... | 48 |

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

UNIDAD DE POSTGRADO, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL

**EVALUACIÓN ECOTOXICOLÓGICA MEDIOAMBIENTAL DE LOS
RESIDUOS DE LA PANIFICADORA “ESTRELLA DEL EDEN” PLAN PILOTO**

AUTOR: Ing. Jesús Cedeño Vélez

TUTOR: Ing. Marlon Mera Párraga

RESUMEN

Se realizó una caracterización ecotoxicológica de los residuales de una panificadora del sector privado de la Ciudad de Portoviejo. Se tuvo en cuenta que los contaminantes generados se vierten directamente a colectores que van al río, desconociéndose el grado de contaminación que los mismos ocasionan al ecosistema; lo que los convierte de facto en residuales potencialmente tóxicos sobre el ecosistema, por lo que fue necesario conocer el posible nivel de riesgo que representan estos residuos, así como sus posibles interacciones con los diferentes niveles bióticos y compartimentos ambientales sobre los que inciden. Para lograr este propósito se recolectaron muestras dos veces a la semana, durante un período de seis meses, y se procedió a evaluar el potencial tóxico de estos residuos mediante el uso de modelos experimentales representativos de los compartimentos ambientales sobre los que estos inciden. Se determinó cuáles son los contaminantes que se generan en el proceso de fabricación del pan y los puntos críticos de ese proceso en los que se generan los mismos; a partir de lo cual se estudió el efecto que estos ocasionan en modelos experimentales que habitan en el compartimiento ambiental a donde llegan los residuales generados. Para el procesamiento, análisis y discusión de los resultados se utilizó un diseño no experimental y longitudinal auxiliado por programas estadísticos profesionales adecuados a los diseños experimentales; arribándose a la conclusión de que estos residuales son potencialmente ecotóxicos. Todo lo cual sirvió de punto de partida para recomendar planes de manejo dirigidos a minimizar el impacto que sobre el medioambiente ocasionan los contaminantes generados en la panificadora.

Palabras claves: Crecimiento y Elongación de la Raíz, Mortalidad, Biomonitorio, Contaminación Ambiental, Ecotoxicología.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
UNIDAD DE POSTGRADO, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL
EVALUACIÓN ECOTOXICOLÓGICA MEDIOAMBIENTAL DE LOS
RESIDUOS DE LA PANIFICADORA “ESTRELLA DEL EDEN” PLAN PILOTO

AUTOR: Ing. Jesús Cedeño Vélez

TUTOR: Ing. Marlon Mera Párraga

SUMMARY

A characterization of residual ecotoxicological was realized in a private bakery in Portoviejo City. We took into account that pollutants generated is discharged directly into the river ranging collectors, not knowing the extent of contamination that they cause to the ecosystem, making them de facto potentially toxic waste on the ecosystem, so it was necessary to know the possible level of risk posed by these wastes, and possible interactions with different levels and biotic environmental compartments on influencing. For this purpose samples twice a week were collected over a period of six months, and proceeded to assess the potential toxicity of these wastes by using experimental models representative of the environmental compartments on these impact. We determined the pollutants which are generated in the manufacturing process of the loaves, and critical points of the process in which they are generated, from which the effect was studied in experimental models these cause inhabiting the environmental chamber where the waste generated arrive. For processing, analysis and discussion of the results, a non-experimental design and statistical programs longitudinal aided by appropriate professionals experimental designs; arrive to the conclusion that these are potentially ecotoxic waste. All of which served as a starting point for recommended handling plans aimed at minimizing the impact on the environment cause contaminants generated in the bakery.

Keywords: Growth and root elongation, Mortality, Biomonitoring, Environmental Pollution, Ecotoxicology.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental ha pasado de ser un eslogan para convertirse en uno de los problemas más agudos por lo que atraviesa la sociedad moderna. No existe una actividad económica o social en la que no se generen residuos químicos, biológicos u otra índole.

De ordinario escuchamos, a diario, sobre contaminaciones que emanan de industrias que producen artículos de bienes y de consumo, la industria ornamentaría, la industria del petróleo, fertilizantes, farmacéutica, etc.; pero rara vez escuchamos sobre los contaminantes que generan las industrias pertenecientes a la rama alimentaría, esto debido a que todos pensamos que por tratarse del procesamiento de alimentos, no se generan residuos contaminantes.

En este sentido caemos en un error conceptual y objetivo, debido a que los residuos alimentarios si bien es cierto que la mayoría de estos son biodegradables, son altamente contaminantes debido a que los mismos son medios de cultivo ideales para la generación de un grupo de microorganismos patógenos que causan deterioro de la calidad de vida y ponen en peligro la misma. Este es el caso en que se enmarcan los residuos de las panificadoras, dulcerías y reposterías.

A lo anterior hay que añadir que cantidades significativas de compuestos orgánicos en las aguas albañales, al ir a los ríos y lagos, pueden causar el proceso de la Eutrofización, el cual es un proceso natural y/o antropogénico que consiste en el enriquecimiento de las aguas con nutrientes, a un ritmo tal que no puede ser compensado por la mineralización total, de manera que la descomposición del exceso de materia orgánica produce una disminución del oxígeno en las aguas profundas; por lo que se convierte en un contaminante ambiental de sumo cuidado debido a que interfieren con los usos que el hombre suele hacer de los recursos acuáticos (abastecimiento de agua potable, riego, recreación, etc.).

De allí la importancia que adquieren los bioensayos llevados a cabo con especies terrestres, consideradas sensibles como la lechuga, que, en un reducido tiempo de exposición, sin requerir equipamiento sofisticado ni altos costos, resultan sumamente útiles para ser aplicados en muestras ambientales o en el monitoreo de procesos de aguas residuales.

Analizando la problemática en la panificadora de estudio, queda claro que el plan piloto desarrollado a partir de ensayos ecotoxicológicos da la pauta para poder ser aplicado como modelo de referencia para el estudio y análisis de los residuos generados en otras panificadoras indistintamente su capacidad de producción, considerando como factor común las materias primas utilizadas en el proceso de elaboración de panes y otros productos de panificación.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Ciudad de Portoviejo tiene más de un centenar de panaderías de diferentes tamaños y capacidades de producción. Estas tienen como factor común el que la limpieza de equipos, mesas y el piso de los locales se realiza con abundante agua, la cual es enviada directamente al alcantarillado de conjunto con los residuos de materias primas utilizadas en el proceso de panificación; las cuales son todas muy solubles en agua y a su vez medios de cultivo de microorganismo, amén de que esta materia orgánica favorece el proceso de la Eutrofización, entre otros procesos que contribuyen con carga contaminante de las aguas residuales que recibe este río Portoviejo. Problemática que se agrava si tomamos en cuenta que en esta ciudad no hay plantas ni procesos de tratamiento de estas aguas residuales. Todo lo cual incrementa el daño al ecosistema, todo esto como resultado de que no se han realizado investigaciones que permitan emitir un criterio del efecto ecotoxicológico que causan sobre el ecosistema este tipo de residuos.

1.1.1. DETERMINACION DEL PROBLEMA

Las panificadoras de la ciudad de Portoviejo utilizan diariamente una gran cantidad de materias primas (harina de trigo, azúcar, sal, levaduras, mantecas,

edulcorantes, saborizantes, otros) que en la misma medida y proporción generan residuos orgánicos muy solubles en agua, los cuales van a parar directamente al río Portoviejo sin ningún tratamiento. Estos son elementos más que suficientes como para que nos planteemos como problemática el conocer el grado de afectación que estos residuos ocasionan al ecosistema a través de pruebas fitosanitarias, utilizando para ello diferentes indicadores ecotoxicológicos que permitan conocer, en primera instancia, y posteriormente establecer una adecuada disposición de los mismos para disminuir su impacto ambiental.

1.1.2. JUSTIFICACIÓN

Debido a la gran cantidad de panificadoras en la Ciudad de Portoviejo que tienen como factor común el uso diario de materias primas (harina de trigo, azúcar, sal, levaduras, mantecas, edulcorantes, saborizantes, entre otros) utilizadas en el proceso de panificación y acompañado a esto el proceso productivo de la elaboración de panes; que aún cuando sean instalaciones adecuadas para tales efectos, generan un grupo de residuos orgánicos diariamente, los cuales tienen como destino el alcantarillado y/o vertederos a través del proceso de recogida de la basura, y de ahí a los diferentes ríos, lagos y otras vías fluviales; desconociéndose que efectos provocan estos sobre el ecosistema. A esto hay que añadir que, por lo general, todos pensamos que por tratarse de residuos de alimentos son inocuos y/o no contaminantes del ecosistema, pero esto no se ha demostrado desde el punto de vista científico a través de una batería de ensayos ecotoxicológicos.

Con el presente proyecto pretendemos evaluar, desde el punto de vista ecotoxicológico los residuos generados de una panificadora del sector privado de la Ciudad de Portoviejo en el proceso de producción de pan, y posteriormente implementar un plan de acción que permita evaluar los residuos generados del proceso productivo; esto en función de estudiar la verdadera magnitud del impacto sobre el ambiente de estos residuos, así como sugerir un plan de acciones para el manejo y disposición de los mismos.

1.1.3. VIABILIDAD

La Viabilidad para realizar esta investigación, se basa en que se cuenta con el apoyo de las autoridades de las panificadoras, así como con los recursos necesarios para apoyar al maestrante en la conducción de la parte experimental de este proyecto, el procesamiento de los resultados, así como la elaboración de trabajo final. También contamos con instalaciones validadas, el equipamiento idóneo y el personal altamente calificado que participará en cada una de las etapas de este proyecto. Por lo tanto, el proyecto es viable y factible de acometer en el tiempo previsto en el cronograma que forma parte de este trabajo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar a través de estudios ecotoxicológico el grado de contaminación que pudieran ocasionar los residuos generados en una panificadora de la Ciudad de Portoviejo, precisando su impacto ambiental y recomendando un plan de acciones.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analizar los efluentes que se generan durante el proceso de panificación que contribuyen a la contaminación del medioambiente.
- b) Precisar los resultados del estudio ecotoxicológico de los residuos del proceso de obtención de panes, utilizando indicadores biológicos a través de ensayos fitotxicológicos sobre la inhibición de la germinación y crecimiento de plantas y parámetros relacionados en *Lactuca sativa* L (lechuga).
- c) Determinar el impacto ambiental de los residuos generados en la Panificadora “Estrella del Edén”, y proponer un plan de acciones para minimizar el mismo.

1.3. HIPÓTESIS

Los resultados de los estudios ecotoxicológicos de los residuos generados en el proceso de fabricación del pan en el sector privado de la ciudad de Portoviejo, permiten determinar si estos están contribuyendo con la contaminación del río Portoviejo y elaborar un plan de acciones para mitigar los impactos.

Para demostrar esta hipótesis se desarrollarán las siguientes variables

1.4. VARIABLES

1.4.1. VARIABLES DEPENDIENTES

Indicadores ecotoxicológicos.

1.4.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

Metodología de ensayos ecotoxicológicos.

1.4.3. VARIABLES INTERVINIENTES

Efectos sobre la inhibición de la germinación y crecimiento de plantas y parámetros relacionados en *Lactuca sativa* L (lechuga).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTACIÓN

2.1.1. LOS ALIMENTOS

Se consideran alimentos aquellos productos de cualquier naturaleza, sólidos o líquidos, naturales o transformados que por sus características, aplicaciones, preparación y estado de conservación sean susceptibles de ser habitual e idóneamente utilizados para alguno de los fines siguientes: normal nutrición humana y productos dietéticos en casos especiales de alimentación humana, o aquellos productos naturales o transformados que pueden formar parte de una dieta con el fin de suministrar al organismo que lo ingiere la energía y las estructuras necesarias para el desarrollo de sus procesos biológicos o con el fin de modificar o coadyuvar a la mejora de sus propiedades organolépticas o para satisfacer un deseo apetecido sin una necesidad nutricional^{5,6}.

Los alimentos generalmente no se consideran tóxicos para el hombre o los animales, ni para el medioambiente, ya que de hecho son compatibles. Sin embargo, debido al estado de desarrollo que ha alcanzado la humanidad desde el siglo pasado hasta el día de hoy; es casi imposible encontrar alimentos que no estén contaminados.

Origen de los tóxicos en los alimentos

Respecto al origen de los tóxicos en alimentos, se pueden considerar cuatro fuentes principales: naturales, intencionales, accidentales y generadas por el proceso, aunque en algunos casos, los tóxicos puedan pertenecer a más de una categoría.^{28,6}

Los tóxicos naturales pueden causar problemas, debido a que pueden encontrarse inesperadamente en alimentos con una concentración mayor a la normal, o bien se pueden confundir especies tóxicas con inocuas como sucede frecuentemente con algunos hongos comestibles, tal es el caso del Agaricus

que se confunde con el tóxico *Amanita phalloides*, que incluso puede llegar a causar la muerte.^{28,6}

Los tóxicos intencionales son sustancias ajenas al alimento, agregadas en cantidades conocidas para lograr un fin particular, como son los aditivos. Estos compuestos no son absolutamente inocuos, incluso algunos de ellos se han considerado como potencialmente tóxicos lo que ha generado una gran controversia entre investigadores, debido a que aunque las pruebas toxicológicas han demostrado su inocuidad para la mayoría de los consumidores, se pueden presentar malestares en personas hipersensibles. Sin embargo si no se usaran aditivos sería muy difícil disponer de una amplia variedad y cantidad de alimentos en las áreas urbanas, donde se ha concentrado el mayor porcentaje de la población en los últimos años, que demandan alimentos para su subsistencia.^{28,6}

Los tóxico accidentales representan por lo general el mayor riesgo para la salud, a diferencia de los anteriores, no se conoce la cantidad, frecuencia, tipo de alimento asociado, o como llegó al alimento. En ocasiones se trata de un tóxico poco conocido como la Ipomeomaronona de los “camotes” o batatas (*Ipomea batatas*) y resulta difícil el diagnóstico de la intoxicación. A esto se puede unir la falta de laboratorios analíticos para determinar la identidad y concentración de estos compuestos. En muchas ocasiones las intoxicaciones alimentarias son tratadas como las producidas por virus y bacterias.^{28,6}

Los tóxicos generados por proceso, son el resultado de la transformación de los alimentos a través de diferentes estados de elaboración; desde su cocimiento, estabilización, formulación, mezclado, esterilización, transporte, etc. Estos tóxicos pueden originarse por procesos tan simples como es el asado de carnes, durante el cual se generan diferentes hidrocarburos aromáticos policíclicos, muchos de ellos con propiedades cancerígenas.

Precisamente, dentro de los contaminantes de los alimentos, estos últimos son los de mayor interés por las implicaciones para la salud y el ecosistema. Por esto nos detendremos a señalar algunos aspectos relacionados.^{28,6}

Tóxicos que se añaden intencionalmente en el proceso de elaboración de los alimentos.

Salazón.

Consiste en añadir sal en forma sólida o en salmuera al alimento; al aumentar la concentración de sal, **el alimento cede su agua**, y se **frena la actividad bacteriana y enzimática**. A su vez, se producen cambios de aroma y sabor. Alimentos preparados con este procedimiento son el bacalao, los arenques, las cecinas, mojama, etc. Los lugares donde se almacenan estos alimentos deben ser secos y aireados.^{28,6}

Curado

Es un proceso, parecido al anterior, que se realiza con la carne, a la que se **añade sal y nitratos** para que conserve un color rojo vivo. Alimentos preparados con este procedimiento son el chorizo, las morcillas, jamón serrano, etc.^{28,6}

Ahumado

Los alimentos se someten al humo de madera (haya, encina, abedul) y en este proceso se originan una serie de sustancias químicas con gran poder esterilizante y que, además, dan un aroma y un sabor típico a los alimentos.^{28,6}

Aditivos

Los aditivos alimentarios se utilizan desde que el hombre aprendió a conservar sus alimentos de una cosecha a otra o a mejorar la presentación y el valor nutritivo de su comida. El uso de la salazón y el ahumado como técnicas de conservación se remonta a miles de años. Ya los egipcios usaban colorantes y

aromas para realzar ciertos alimentos y los romanos empleaban salmuera, especias y colorantes en sus conservas y preparaciones.

En la primera mitad de este siglo, empezaron a descubrirse nuevas sustancias que cumplían las mismas funciones beneficiosas y que están hoy al alcance de todos. Entre ellas destacan los emulsionantes de la margarina, las levaduras químicas de los preparados para hacer bizcochos y los gelificantes utilizados en la mermelada. Los avances en nutrición y tecnología y los cambios en los hábitos de consumo han llevado a un uso cada vez mayor de aditivos alimentarios en los últimos cuarenta años. Así, los consumidores disponen de alimentos de calidad superior y más uniforme, a precios razonables.

Los aditivos alimentarios son sustancias que se añaden a los alimentos con diferentes finalidades: ^{28,6}

- a) Mejorar la conservación y preservar sus propiedades iniciales.
- b) Mantener su valor nutritivo, evitando la degradación de sustancias como las vitaminas
- c) Asegurar la textura y consistencia de los alimentos.
- d) Mejorar su sabor, color y olor.

Los aditivos se pueden extraer de fuentes naturales para ser sintetizados en el laboratorio y dar como resultado un compuesto de las mismas características químicas que el producto natural o bien pueden ser compuestos sintéticos que no existen en forma natural.

Dentro de los más empleados tenemos:

Preservos. Dentro de estos tenemos:

Benzoatos

Son las sales del ácido benzoico; se encuentran naturalmente en arándanos, ciruela pasa, clavo y canela. El pH óptimo para tener actividad antimicrobiana es de 2,5 a 4,0. Su uso se orienta a los alimentos ácidos como: jugos, encurtidos, cerezas, margarinas, aderezos, etc. Están reconocidos como

"GRAS" utilizándose a niveles de 0,1 a 0,3%, además son de bajo costo, pero al ingerirse concentraciones elevadas se pueden presentar.^{28,6}

Parabenos

Es un nombre genérico dado a los alquilésteres del ácido parahidroxibenzóico, relacionados estructuralmente al ácido benzoico. La acción antimicrobiana de los parabenos fue descubierta en 1924. Estos son versátiles en su uso debido al grupo alquilo. Además, la molécula se mantiene activa en un amplio rango de pH. La acción antimicrobiana es directamente proporcional a la longitud de la cadena. Comúnmente se emplean como una mezcla de ellos mismos.^{28,6}

Propionatos

Fueron los primeros ácido grasos monocarboxílicos usados como agentes antimicrobianos en alimentos. Su acción principal es **contra hongos**, pero no se recomiendan para levaduras o bacterias. Sin embargo, se usan para evitar descomposición de panadería por *Bacillus subtilis* o *B. mesentericus* ("rope"). Se usan también en quesos procesados y en alimentos para ganado.

Sorbatos

Pertencen a los ácidos grasos monocarboxílicos, siendo el ácido y la sal de potasio los más usados. Su uso fue patentado para ser aplicado **como fungicida** en alimentos y empaques. Se han usado por tradición contra levaduras y hongos, pero también pueden ser usados para controlar *Clostridium botulium*, *Stafilococcus aureus* y *Salmonella*, lo que ha dado lugar a una **serie de investigaciones para sustituir nitratos o nitritos en productos cárnicos curados** (pollos, tocino, salchichas, etc.). Representan en la realidad un riesgo mínimo a la salud humana ya que se biotransforman a CO₂, agua y energía.^{28,6}

Ácidos orgánicos

Su principal efecto es en la ionización, disociación y permeabilidad de las membranas; inhiben al funcionamiento normal del NADH:

- a) cítrico; inhibe a *Salmonella*, *Cl. botulinum*, aparentemente quela iones.
- b) succínico; disminuye la carga microbiana en pollos.
- c) málico; inhibe a levaduras.
- d) tartárico; su acción es cambiar el pH.
- e) benzoico; presente naturalmente en arándano, ciruela, ciruela pasa, canela, clavoantifungal (por ionización). Inhibe el transporte del S y la fosforilación oxidativa. Interfiere en la utilización de aminoácidos.
- f) Láctico; inhibe a las bacterias esporuladas. Pero no el crecimiento de hongos y levaduras. A una concentración del 2% puede crecer *Aspergillus parasiticus* e inclusive se puede producir aflatoxinas.
- g) propiónico; presente en queso suizo (1%) producido por *Propionibacterium shermanii*. Actúa contra hongos y bacterias, a las levaduras casi no las afectan. Evita el daño en pan y queso. Inhibe al *Aspergillus flavus* y su producción de toxinas.

Ácidos grasos

Acido grasos de cadenas de 12 a 18 carbonos tienen una acción por lo general poco específica: láurico, mirístico y palmítico actúan contra bacterias; cáprico y láurico contra levaduras. Aparentemente actúan a nivel de absorción de nutrimentos en la membrana microbiana y alterando su permeabilidad.^{28,6}

Aceites esenciales

Antiguamente se empleaba al extracto de ajo para tratar neumonía, mordeduras de serpiente, disentería, tifoidea, cólera, etc. Por otro lado la cebolla era empleada para curar cálculos, tos, dolor de cabeza y eliminar gusanos. Recientemente se ha observado que el ajo y la cebolla tienen efecto contra patógenos: *S. aureus*, *Cl. botulum*, *Salmonella typhimurium* y *E. coli*. Varios aceites esenciales son antimicóticos, además de que pueden interferir con la producción de aflatoxinas. El ajo presenta alicina como principal bactericida. Inhibe a las **enzimas con grupos sulfhidrilo**.^{29,6}

Varios aceites esenciales tienen un amplio espectro de inhibición, como el **timol** (5 metil-2-(1- etil metil) fenol) presente en **tomillo y orégano**; el aldehído cinámico (3-fenil-2-propenal) de canela; el eugenol (2-metoxi-4-(2-propenilfenol) de clavos. Estos compuestos presentan actividad inhibitoria a partir de un nivel de 5g/g. La Vainillina (4-hidroxi-3-metoxibenzaldehído) a concentraciones similares al eugenol, se comporta como antibiótico. Vale la pena resaltar que estos compuestos tienen una función más prominente como sabor/olor (“flavor”), que como bacteriostáticos, bactericidas o antibióticos; sin embargo esta nueva orientación podría ampliar el uso de químicos que brinden una mayor seguridad al consumidor, ya que son compuestos que han formado parte de su dieta.

Hasta aquí hemos visto algunos de los compuestos que aun cuando no son alimentos, forman parte de los alimentos y producto de sus propiedades intrínsecas son dañinos para el hombre y el ecosistema. Sin embargo, los alimentos y/o materias primas para elaborarlos son generadores de grandes cantidades de residuos que por si son altamente contaminantes para los ecosistemas. De ahí que en este trabajo, en lo adelante, veremos algunas de las normas, conceptos, definiciones y otros aspectos esenciales para conocer el impacto que sobre el medio ambiente pueden ocasionar los alimentos, todo esto medido a través de técnicas y ensayos eco toxicológicos.^{28,6}

2.2. REGULACIONES ECUATORIANAS PARA REGISTRAR ALIMENTOS

2.2.1. CODIGO DE SALUD (libro II) TITULO IV DEL REGISTRO SANITARIO

Art. 100.- Los alimentos procesados o aditivos, fabricados en el Ecuador o en el exterior, deberán contar con Registro Sanitario para su producción, almacenamiento, transportación, comercialización y consumo.⁵

Art. 101.- El Registro Sanitario para alimentos procesados o aditivos, o para las empresas que los produzcan, será otorgado por el Ministerio de Salud Pública, a través de las Subsecretarías y las Direcciones Provinciales que determine el

reglamento correspondiente y a través del Instituto Nacional de Higiene y Medicina Tropical Leopoldo Izquieta Pérez.

Art. 102.- El Registro Sanitario será otorgado cuando hubiese emitido previamente un informe técnico favorable.⁶

Art. 103.- El informe técnico favorable para el otorgamiento del Registro Sanitario podrá ser emitido por el Instituto Nacional de Higiene y Medicina Tropical Leopoldo Izquieta Pérez.^{5,6}

2.2.2.REGLAMENTO DE REGISTRO Y CONTROL SANITARIO

Decreto Ejecutivo No. 1583. RO/ Sub 349 de 18 de Junio del 2001

CAPITULO I. De la obligación del Registro Sanitario

Art. 1.- OBLIGATORIEDAD DEL REGISTRO SANITARIO. Los alimentos procesados y aditivos alimentarios, en adelante denominados productos, que se expendan directamente al consumidor bajo una marca de fábrica o nombres y designaciones determinadas, deberán obtener el Registro Sanitario expedido conforme a lo establecido en el presente reglamento.

CAPITULO II. Del otorgamiento del Registro Sanitario.^{5,6}

Art.2.-COMPETENCIA.-El Ministerio de Salud Pública, por intermedio de sus subsecretarías, direcciones provinciales y del Instituto Nacional de Higiene y Medicina Tropical Leopoldo Izquieta Pérez, en los lugares en los cuales éstos estén funcionando son los organismos encargados de otorgar, mantener, suspender y cancelar el Registro Sanitario y disponer su reinscripción.

El Sistema Nacional de Vigilancia y Control es el conjunto de entidades que coordinadamente realizan las actividades tanto para expedir los registros sanitarios, como para la vigilancia y control de los productos que han obtenido el Registro Sanitario y que se expenden en el mercado.

2.2.3. REQUISITOS ALIMENTOS NACIONALES

Certificado de constitución y existencia de la empresa fabricante y nombramiento de su Representante legal actualizados, para personas jurídicas.^{5,6}

Copia de Cédula de identidad o ciudadanía, para personas naturales (a colores).

Informe técnico del proceso de elaboración del producto con firma del técnico responsable.

Certificado de control de calidad e inocuidad emitido por un laboratorio acreditado.

Ficha de estabilidad que acredite el tiempo máximo de consumo con la firma del técnico responsable.

Proyecto de etiqueta con la información que determina la Norma Técnica de Rotulado INEN correspondiente.

Copia del Permiso de funcionamiento de la planta procesadora (fabricante) del producto y del solicitante según el caso, vigente.

Especificaciones químicas del material de envase.

Comprobante de pago (factura) por el importe de Registro Sanitario.

Código de lote (Interpretación).

2.2.4. REQUISITOS ALIMENTOS INTERNACIONALES

1.- Certificado de existencia de la persona jurídica y nombramiento del representante legal, actualizados.⁶

a) Copia de cédula de identidad o ciudadanía, para personas naturales (a colores)

- 2.-Certificado de libre venta, original y consularizado o apostillado.
- 3.-Estudio de estabilidad
- 4.- Certificación del fabricante extranjero nombrando al Representante Legal del producto en el Ecuador
- 5.- Certificado de análisis del producto
- 6.- Constancia de que el producto proviene de un fabricante o distribuidor autorizado, salvo cuando el titular del registro sea el mismo fabricante
- 7.- Especificaciones químicas del material de envase
- 8.- Etiqueta original del producto y proyecto de rótulo cumpliendo los requisitos establecidos en la Norma Técnica INEN correspondiente
- 9.- Comprobante de pago (factura) por el importe de Registro Sanitario
- 10.- Lista de ingredientes utilizados en la formulación (incluyendo aditivos), que deben declararse en orden decreciente de las proporciones usadas (fórmula cualitativa -cuantitativa).
- 11.- Código de lote (interpretación)

Nota: Los documentos del exterior redactados en otro idioma se aceptarán con su traducción al idioma español, debidamente notariados.

2.4. CONCEPTOS RELACIONADOS CON ECOTOXICOLOGÍA

Toxicología: Es la ciencia que estudia el origen, naturaleza y propiedades de los tóxicos, su comportamiento cinético y sus efectos sobre los organismos vivos, las manifestaciones clínicas de la intoxicación la detección y cuantificación del tóxico, los procedimientos adecuados de prevención y tratamiento y las implicaciones médico-legales.^{11,12,13,14,16}

Tóxico: Es cualquier sustancia que puede producir algún efecto sobre un ser vivo y alterar su equilibrio dinámico u homeóstasis. No hay sustancias atóxicas,

hasta el oxígeno y el agua son tóxicos, la dosis determina la toxicidad de una sustancia.^{11, 14}

Xenobiótico: Agente que es externo a la esfera natural. Normalmente se identifica con las sustancias químicas sintéticas. Lo que es extraño a la vida, toda sustancia ajena a un ser vivo, tales como agentes benignos, los inactivos y los nocivos y excluye las hormonas y las vitaminas.^{14,16}

Toxón: Es la denominación de un XENOBIOTICO que posee efectos nocivos sobre el organismo, así sean tan solo indeseables y no necesariamente dañinos.¹⁴

Veneno: Es una sustancia peligrosa, es un TOXON potente y peligroso que se utiliza con fines intencionales.^{11,16}

Intoxicación: Conjunto de perturbaciones fisiopatológicas y/o anatomopatológicas producido por los diversos compuesto. Su severidad depende de: Cantidad, vía de penetración y duración de la exposición.¹⁴

Dosis: Cantidad de sustancia que se absorbe en 24 horas expresada con relación a kilogramos de peso corporal. Ejemplo: 50 mg/Kg. Peso de ampicilina.^{11,14,16}

Cantidad: Total de sustancia recibida durante un tratamiento o un período de exposición. Ejemplo: 10 gramos de ampicilina por 10 días de tratamiento médico.¹¹

Concentración letal: Es aquella a la cual una sustancia en su límite máximo produce la muerte.¹⁴

Concentración máxima admisible: Es aquella que no debe sobrepasarse¹⁷.

Valor umbral límite: (TLV). Concentración-peso-tiempo de exposición que es el límite máximo admisible para el control de la exposición laboral y evitar efectos tóxicos.^{11,14}

Valor límite biológico: Evidencia la absorción de un xenobiótico por un ser vivo.¹⁶

Efecto: Alteraciones bioquímicas, morfológicas, o fisiológicas producidas por la exposición a sustancias químicas, que dependen de la toxicidad y las dosis.¹¹

Respuesta: Es la proporción de los problemas que manifiesta un determinado efecto definido.¹⁴

Exposición: Forma en que ocurre el contacto entre el agente tóxico y el organismo.¹¹

Vía de exposición: Oral, dérmica aérea a través del tracto gastrointestinal, piel y pulmones respectivamente.¹⁶

Características de los efectos tóxicos: Estos pueden presentar efectos que se desarrollen rápidamente (inmediatos) o pueden presentarse más tarde (retardados). Además de que pueden alterar tejidos (efectos irreversibles), o éste último puede regenerarse después de la exposición (reversibles).^{11,14,13,16}

Órgano blanco: Es el órgano u órganos donde se produce el daño tóxico más importante.¹¹

Órgano crítico: Es en el cual el tóxico alcanza su concentración crítica, bajo condiciones específicas de exposición.¹⁴

Susceptibilidad individual: Es la variabilidad de la respuesta biológica en función de la susceptibilidad de cada organismo.¹⁴

Toxicodinámica: Evalúa los efectos fisiológicos y bioquímicos de los tóxicos y sus mecanismos de acción.¹¹

Toxicocinética: Cuantifica y determina a través del tiempo la absorción, la distribución, biotransformación (metabolismo) y excreción de los agentes tóxicos.¹⁴

Biotransformación: Procesos bioquímicos, generalmente de naturaleza enzimática, que permiten la transformación de los compuestos lipofílicos en hidrofílicos.^{11,14}

Conceptos asociados a la ecotoxicología.^{20,21}

Ecología: Ciencia que estudia las interacciones entre los seres vivos.

Litosfera: Manto sólido externo de la tierra

Hidrosfera: Agua de la tierra

Atmósfera: Gases que circundan al planeta.

Biosfera: Seres vivos que habitan el planeta.

Ecosistema: Es la reunión del componente biótico y abiótico.

Especie: Grupo de organismos que tienen similitudes entre sí y que forman un grupo aislado desde el punto de vista reproductivo.

Población: Grupo de organismos de la misma especie que habitan una geográfica determinada.

Comunidad: Conjunto de poblaciones.

Hábitat: Espacio geográfico con determinadas características donde habita una especie.

Contaminante químico: Toda sustancia orgánica, inorgánica, natural o sintética que durante la fabricación, manejo o transporte, almacenamiento o uso puede incorporarse al aire, en forma de polvo, humo, gas o vapor con efectos irritantes corrosivos asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan la

probabilidad de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ella.

2.3.1. EXOTOXICOLOGÍA

2.3.1.1. Origen y concepto

La toxicología es la ciencia que estudia el origen, naturaleza y propiedades de los tóxicos, su comportamiento cinético y sus efectos sobre los organismos vivos, las manifestaciones de la intoxicación, la detección y cuantificación del tóxico, los procedimientos adecuados de prevención y tratamiento, así como las implicaciones legales. Esta se subdivide para su mejor estudio en:^{2, 3}

- Económica.
- Toxicología Industrial.
- Toxicología Clínica,
- Toxicología Analítica.
- Toxicología Forense.
- Toxicología Ambiental (Ecotoxicología)

Esta última comenzó a desarrollarse, en la década de los 70 del pasado siglo, en función de evaluar la toxicidad de las sustancias y sus residuos (medicamentos, pesticidas, insecticidas, reactivos, etc.) antes de su producción a gran escala y posterior uso (eco-toxicología prospectiva); convirtiéndose de inmediato en una herramienta útil para la confirmación de los daños que producen los compuestos químicos y biológicos sobre los ecosistemas (eco-toxicología retrospectiva).³

Por lo que se considera la rama de la toxicología encargada de dirimir los conflictos ambientales que surgen como contraposición entre quienes contaminan el ambiente y quienes sufren sus efectos o perciben los riesgos que ello significa en su calidad de vida.^{2,3}

En otras palabras: Es la rama de la toxicología que intenta salvaguardar los intereses de las distintas partes en conflicto en aras de preservar el medio ambiente, a través del estudio del destino y los efectos de los contaminantes en los ecosistemas, intentando explicar las causas y el cómo prever los riesgos probables; empleando para estos modelos biológicos y/o biomarcadores como herramientas esenciales.²

2.3.2. PROCESO ECOTÓXICOCINÉTICO Y ECOTÓXICODINÁMICO DE LOS CONTAMINANTES.

La ecotoxicocinética evalúa los efectos fisiológicos y bioquímicos de los tóxicos y sus mecanismos de acción, mientras que la ecotóxicodinámica es una rama que cuantifica y determina, a través del tiempo, la absorción, la distribución, biotransformación (metabolismo) y excreción de los agentes tóxicos.

La ecotoxicocinética parte de la distribución corporal del tóxico y sigue con los procesos de Biotransformación, Fijación y Excreción del tóxico. Desde un punto de vista aplicado tiene gran importancia todo lo referente a la modelización ecotoxicocinética como son: los procesos de Bioconcentración y Biomagnificación; los niveles de referencia y los factores de contaminación; los modelos de uno o varios compartimentos; y otros aspectos relacionados.

La ecotóxicodinámica recorre todo tipo de respuestas biológicas y su evaluación frente a los tóxicos, desde el nivel de sub-organismo (respuestas moleculares y fisiológicas), pasando por las poblaciones (respuestas demográficas, etológicas, interacciones específicas, etc.), hasta las respuestas de comunidades y ecosistemas (alteración de los componentes biológicos, de la estructura de las comunidades y de los parámetros macroscópicos funcionales).^{2,3,17,18,19}

2.3.3. ETAPAS DE PROCESOS ECOTÓXICOCINÉTICO Y ECOTÓXICODINÁMICO

Absorción: Es el proceso a través del cual los tóxicos atraviesan las membranas de los órganos y tejidos y penetran en el torrente sanguíneo. Los

principales sitios de absorción son el tracto, gastrointestinal, la piel y los pulmones. Los principales mecanismos de transporte son la difusión simple, el transporte activo, la endocitosis o la difusión mediada por un transportador.

Distribución: Es el proceso a través del cual el tóxico aparece en órganos y tejidos en concentración dadas. Esta depende del flujo sanguíneo, la velocidad de difusión en las interfaces sangre-tejido, coeficiente de partición, permeabilidad de la membrana, así como por la afinidad del tejido por el compuesto.^{18,19}

Biotransformación: Transformación de los compuestos lipofílicos en hidrofílicos por la acción enzimática. Generalmente estas tienen como propósito eliminar los agentes xenobióticos, y se clasifican en Fase I y de Fase II. En las reacciones de Fase I se introduce a la molécula un grupo funcional por oxidación, reducción o hidrólisis. En las reacciones de Fase II, la sustancia se conjuga con algún sustrato endógeno. En los dos casos se generan sustancias hidrofílicas, que pueden ser eliminadas más fácilmente.^{18,19}

Excreción: Es la forma en que los tóxicos o sus metabolitos son excretados. Las principales vías de eliminación son:^{18,19}

Pulmón: Por esta vía el organismo elimina principalmente los anestésicos volátiles o gases tóxicos, como el monóxido de carbono, cianuros, sulfuro de hidrógeno y de modo parcial el paraldehído.

Bilis: Las sustancias hidrosolubles pasan a la bilis por excreción activa. Para las sustancias no polares (no solubles en agua) existe una circulación entero-hepática, por la cual los tóxicos son excretados en la bilis y absorbido en el intestino delgado (caso de la digoxina y espironolactona).

Riñón: Constituye la principal vía de eliminación de tóxicos o de sus metabolitos. Requieren que sean sustancias solubles en agua.

2.3.4. ENSAYOS ECOTOXICOLÓGICOS PARA MONITOREO AMBIENTAL

Se estima que cada año mueren aproximadamente 13 millones de humanos por causas ambientales o relacionadas con aspectos ambientales. Dentro de estas causas se encuentra en apreciable proporción y a veces de manera subestimada o no determinada la contaminación ambiental con xenobióticos muy diversos, a esto agréguese el impacto de las catástrofes naturales sobre los diferentes sistemas ecológicos.^{26,22}

Generalmente no es suficiente, para proteger la biota, registrar en un ecosistema dado las concentraciones de las sustancias químicas o biológicas; estos programas para monitorear tales sustancias suelen ser muy caros, y aquellas de alta toxicidad generalmente deben detectarse en concentraciones muy bajas, usando equipos costosos y personal muy entrenado; y en un solo ambiente puede haber cientos de contaminantes con efectos muchas veces no aditivos.

Por lo tanto, se necesita la introducción de los ensayos biológicos que son relativamente simples, rápidos y económicos, y pueden brindar información adicional sobre el riesgo potencial, incluyendo efectos tóxicos como generación de cáncer, malformaciones, desórdenes de conducta, efectos acumulativos, antagonismos y sinergismos. Los ensayos pueden ser de laboratorio (con un número reducido de especies, y en condiciones estandarizadas que reproducen sólo en forma muy parcial las condiciones naturales en el ambiente), o de campo (con “encierros” sometidos a las condiciones del medio). Los organismos empleados para los ensayos deben tener alta sensibilidad a los tóxicos, ya que al establecer las concentraciones seguras para ellos se espera proteger a todo el ecosistema, pero hay que tener en cuenta que distintas especies tienen diferente sensibilidad a distintas sustancias químicas.^{23,27,24}

Por todo lo antes descrito, el colectivo de profesores ha puesto en manos de los cursantes un grupo de temas, armónicamente articulados, que permiten entender los procesos ecotóxicos de los contaminantes, según sus clases y

orígenes, además de las formas en que se puede restaurar y preservar el medio ambiente. Dejando para el final, a nuestro entender, los contenidos que sustentan el curso de ecotoxicología. Nos referimos a los ensayos ecotoxicológicos y la forma en que estos se transforman en herramientas esenciales para diagnosticar y brindar las posibles soluciones en el proceso de restauración ambiental y posterior a esto en el proceso de monitoreo sistemático y/o prevención de la contaminación.^{25,26,17}

2.3.4.1. Generalidades sobre los bioensayos ecotoxicológicos

La determinación de los peligros resultantes de la contaminación accidental o deliberada de ambientes terrestres, atmosféricos o acuáticos está, en la mayoría de países, aún limitada a la detección y cuantificación de los presuntos contaminantes por análisis químicos. Desafortunadamente, esta metodología se ve limitada por los siguientes factores:^{24,26}

- a) Los costos y dificultades técnicas de analizar cada sustancia química individual que pueda estar presente en la muestra.
- b) La dificultad de calcular o valorar los peligros y riesgos de la contaminación ambiental a partir de un conjunto de datos químicos.
- c) Entre otros.

Por fortuna, durante las últimas décadas, la comunidad científica y reguladora se ha dado cuenta, gradualmente, que se deben considerar metodologías biológicas para una valoración de la significación ecológica y de los peligros toxicológicos de los contaminantes. Las evaluaciones de efectos obtenidas con técnicas biológicas integran el impacto de todos los contaminantes a los que la biota está expuesta.

Bioensayos con especies experimentales selectas, representantes de comunidades biológicas de los ambientes considerados se utilizan en la actualidad para determinar efectos tóxicos y genotóxicos. Considerando la especificidad de la toxicidad respecto de las especies y de los químicos, la necesidad de un enfoque con una “batería de ensayos” con especies de

distintos niveles tróficos, generalmente se acepta e implementa en la actualidad.

Entre los organismos que se utilizan o se han utilizado para efectuar bioensayos se pueden mencionar, varias especies de: bacterias; algas levaduras; hongos; plantas; nemátodos; lombrices de tierra; moluscos; crustáceos; insectos; peces; ranas y mamíferos (ratones, ratas, cobayos, conejos y otros). El mayor problema que limita la aplicación de bioensayos es el número restringido de laboratorios especializados. Aspecto que trata de paliarse, en gran medida, con la implementación de micro bioensayos alternativos para permitir llevar a cabo pruebas rutinarias de bajo costo, y con equipo y materiales básicos de laboratorio. Estos deben ser:^{23,25,27}

- Poco caro o rentable;
- No requiera de trabajo intensivo;
- Procesarse un alto número de muestras;
- Fáciles de mantener o no requerir mantenimiento
- Utilizar un modesto espacio de laboratorio e incubación.
- Bajo costo de consumibles.

Entre las determinaciones que se pueden efectuar con los bioensayos se pueden mencionar las siguientes: evaluación de reducción de toxicidad.

- Dosis/concentración letal/efectiva/inhibitoria media (DL50, CE50, CI50;toxicidad aguda y crónica)
- Dosis/concentración mínima inhibitoria
- Concentración sin efecto observado.
- Otros

2.3.4.2. Bioensayos más empleados en Ecotoxicología

Está claro que uno de los aspectos más difíciles, de llevar a la práctica en ecotoxicología, es la selección y diseño de las baterías de ensayos que se deben poner en función de las diferentes etapas que involucran el proceso de restauración ambiental y/o predicción del posible impacto sobre el mismo.

Ningún ecosistema es idéntico, como ninguna batería de ensayos es estándar. Por esto es necesario conocer la mayor cantidad de bioensayos establecidos y posibles, en función de seleccionar los más adecuados y rentables para el caso que nos permita un diseño adecuado al caso en cuestión. Dentro de los bioensayos que cumplen con estas características tenemos:^{12,17,19,22}

Estudio de Toxicidad en Peces:

- Ensayo de Toxicidad Aguda, 96 horas.
- Ensayo de Toxicidad Prolongada, 14 días.
- Ensayo de Toxicidad Aguda utilizando huevos de pez cebra, 96 h. (en fase de estandarización).

Estudio de Toxicidad en Anfibios – Anuros:

- Ensayo de Toxicidad Aguda en larvas de rana, 96 h.
- Ensayo de Toxicidad Crónica a corto plazo, 7 días.
- Ensayo en estadios tempranos del desarrollo embrionario, 7 días (Teratogénesis).
- Ensayo de Toxicidad Crónica, 14 días.

Estudio de Toxicidad en Plantas Acuáticas:

- Ensayo de Inhibición del crecimiento, 7 días.

Estudio de Toxicidad en Plantas Terrestres:

- Ensayo de Germinación y Vigor Vegetativo, 21 días.

Estudio de Toxicidad en Abejas:

- Ensayo de Toxicidad por Contacto, 48 h.

Estudio de Toxicidad en Lombriz de Tierra:

- Ensayo de Toxicidad Aguda por contacto en papel de filtro, 96 h.
- Ensayo de Toxicidad Aguda en sustrato artificial, 14 días.
- Ensayo de Toxicidad Aguda en suelo natural, 14 días.

- Ensayo de Toxicidad Subcrónica.
- Ensayo de Toxicidad / Infectividad en sustrato artificial, >30 días.

❖ **Estudio de Toxicidad Agudo en Aves:**

- Ensayo de Toxicidad Agudo Oral.
- Ensayo de Toxicidad / Infectividad / Patogenicidad Oral, 30 días.

Estudio de Toxicidad en Insectos Benéficos:

- Ensayo de Toxicidad por contacto en *Crisopa. sp*

2.3.4.3. Protocolos de Bioensayos en Ecotoxicología

2.3.4.3.1 Ensayo de germinación

Una de las etapas más importantes del desarrollo de una planta es la germinación de las semillas al emerger el primer cotiledón. En la germinación ocurren cuatro procesos: a) la imbibición o toma física de agua, b) la formación de los sistemas enzimáticos e inicio de la síntesis de proteínas y de ARN, c) la emergencia de la radícula y d) la iniciación del crecimiento. La activación de la semilla es inhibida ante la presencia de sustancias tóxicas, que afectan su germinación. La división celular de los meristemas radiculares puede afectarse, ya sea por retardo en el proceso de mitosis o alteración en el proceso de alargamiento radicular, por lo que la fitotoxicidad de un compuesto puede ser determinada a través de la medición de la germinación de semillas.^{12,17,22}

Método

Este método es aplicable para evaluar la fitotoxicidad por la prueba de germinación de semillas (*Lactuca sativa L*, *Allium cepa*, *Glycine max*). El método de referencia utilizado para este bioensayo de toxicidad es el de la EPA- Ecological Effects Test Guidelines. OPPTS 850.4200 (1996), Seed Germination / Root Elongation Toxicity Test.

Fundamento

En las pruebas de germinación se observa el efecto que causa el tóxico en la promoción o inhibición del surgimiento radicular en la semilla a diferentes concentraciones, se registra la frecuencia del evento y cuando se aprecia al menos 50% de la germinación en el testigo, entonces se considera el tiempo final de la prueba y se comparan los tratamientos.

Material, equipo y reactivos

- Solventes calidad reactivo.
- Agua destilada.
- Papel filtro Whatman No. 1 o 40.
- Frascos de vidrio de 250 ml.
- Cajas de Petri de 210 mm.
- Probetas de 50 y 100 ml.
- Papel aluminio.
- Parafilm.
- Pipetas graduadas y volumétricas de 1, 5 y 10 ml.
- Regla o vernier.
- Campana de extracción.
- Cámara ambiental / incubadora.
- Higrómetro.
- Timer.
- Balanza semianalítica.

Material biológico

Semillas certificadas de *Lactuca sativa* L, *Allium cepa*, *Glycine max*.

Soluciones

- 1) Hipoclorito de sodio al 5% (cloro). Mezclar 25 ml de hipoclorito de sodio con 475 ml de agua destilada.
- 2) otras

Procedimiento

Requiere de algunas pruebas preliminares o de tamiz con el extracto del contaminante del suelo. Las pruebas se deben realizar por triplicado para cada tratamiento y llevando a cabo el siguiente procedimiento:

- 1) Extraer el contaminante del suelo mediante el método de extracción Soxhlet o método de agitación-centrifugación.
- 2) Seleccionar y escarificar (acción de retirar la cubierta de la semilla) las semillas por utilizar con cloro al 5% durante 15 minutos, enjuagar con agua de la llave y al final con agua destilada.
- 3) Colocar discos de papel filtro Whatman No.1 o 40 de celulosa dentro de la caja de Petri de 110 mm, proporcionales al diámetro de la caja (aprox. 9cm).
- 4) Adicionar 2 ml de cada una de las disoluciones que son preparadas con dicromato a partir del extracto de hidrocarburo original, en un intervalo de por lo menos cinco concentraciones (en serie logarítmica, ej. 0.1, 1.0, 10, 100,1000), distribuyendo de forma homogénea sobre papel filtro.
- 5) Como testigo positivo utilizar una caja de Petri agregando 2 ml de dicromato o del solvente utilizado para la extracción. Y como testigo negativo adicionar únicamente agua destilada.
- 6) Dejar evaporar el disolvente, durante 10 minutos, dentro de la campana de extracción.
- 7) Colocar 10 semillas por cada caja de Petri, distribuyendo de tal forma que se permita un adecuado crecimiento. Se hacen tres réplicas por tratamiento.
- 8) Incubar las semillas dentro de una cámara ambiental controlada a temperatura de $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y en total oscuridad hasta que 65% de las semillas

del testigo negativo haya germinado.

- 9) Agregar 1 ml de la solución de DMSO al 0.5 %, por caja de Petri cada 24 o 72 horas según se requiera en función de la humedad del papel filtro, el cual debe observarse húmedo.
- 10) Registrar el número de semillas germinadas, siguiendo el criterio de germinación con radícula mayor que 5 mm.
- 11) Posteriormente, realizar las pruebas definitivas utilizando un intervalo de concentraciones más reducido (en serie geométrica), seleccionando aquellos tratamientos en los que se observe un efecto adverso, para insertar entre alguno de ellos este nuevo intervalo de concentraciones (ejemplos: 100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.125%).
- 12) Elaborar la curva dosis-respuesta de las diferentes concentraciones en un intervalo reducido y calcular los valores de CL_{50} , por medio del método Probit.

Cálculo de la CL_{50}

La CL_{50} se calcula utilizando el método de regresión Probit, también conocido como método de unidades probabilísticas, que es usado para evaluar la relación de dosis-respuesta de un contaminante sobre un organismo, medida en términos de la concentración letal media (CL_{50}) y su precisión o intervalo de confianza. Se asigna el valor Probit de tablas respecto del porcentaje de mortalidad obtenido para cada concentración o tratamiento, incluyendo los valores de cada una de las réplicas en el análisis de regresión.

Efectuar el análisis de regresión lineal entre la concentración y la respuesta tóxica, mediante el método mínimos cuadrados. Utilizando los valores obtenidos de la ecuación de la recta, calcular la CL_{50} , considerando el valor de mortalidad o efecto a 50% de individuos utilizados en el ensayo.

Interpretación de resultados

El resultado es un valor virtual obtenido estadísticamente, en términos de concentración, ya sea en mg de HTP kg^{-1} de suelo o de xg de algún compuesto (ejemplo: HAP); en base seca, este valor se relaciona de forma inversa con el

potencial de toxicidad; es decir, una sustancia es más tóxica si requiere de una menor concentración para producir la letalidad o algún otro daño subletal. Para tal efecto se ha establecido una clasificación para asignar categorías de toxicidad en función de la concentración.

Categorías de toxicidad en función Valor de la concentración

| | |
|-----------------------|------------------------------|
| Extremadamente tóxico | <1 mg kg ⁻¹ |
| Altamente tóxico | 1 a 50 mg kg ⁻¹ |
| Moderadamente tóxico | 50 a 500mgkg ⁻¹ |
| Ligeramente tóxico | 0.5 a 5 g kg ⁻¹ |
| Prácticamente atóxico | 5 -15 g kg ⁻¹ |
| Relativamente inocuo | Más de 15 g kg ⁻¹ |

Este valor se utiliza de forma comparativa con los valores obtenidos de otras sustancias o mezclas y no se maneja como una constante biológica, esperando una respuesta parecida bajo las mismas condiciones de prueba.

2.3.4.5. Ensayo que mide el crecimiento de plantas terrestres y de alargamiento radicular

La fitotoxicidad generalmente se refiere a la manifestación o aparición de una o más respuestas adversas o desfavorables en las plantas, resultado de la exposición (por una o varias vías) a una sustancia tóxica o mezcla de ellas. Comparado con los árboles y arbustos, las plantas herbáceas, especialmente los pastos, tienen características de rápido crecimiento, cualidad que las hace excelentes organismos de prueba para la evaluación de los parámetros biométricos, asimismo pueden ser utilizados como puntos finales de respuesta tóxica.^{12,17,19}

Método

Este método es aplicable para evaluar la fitotoxicidad de compuestos tóxicos por la prueba de crecimiento en plantas terrestres (principalmente de tipo herbáceas y hortalizas) y alargamiento radicular. Esta prueba se realiza con la combinación de los métodos OECD-208 (1984): Terrestrial plants, growth test y

US EPA-OPPTS 850.4200 (1996): Seed germination/ root elongation. Toxicity Test.

Fundamento

En algunas plantas los tóxicos forman una película hidrofóbica alrededor de la raíz, que impide la entrada de agua; esto provoca un estrés hídrico que afecta algunas etapas de su crecimiento; además son vulnerables a las sustancias tóxicas con efectos negativos en los parámetros biométricos ya mencionados. Los efectos adversos en el crecimiento se pueden reflejar en la biomasa del tejido vegetal, ya sea del ejemplar completo o de alguna estructura de interés.

Material, equipo y reactivos

- Agrolita.
- Solventes.
- Agua destilada.
- Frascos de vidrio de 250 ml de boca ancha.
- Balanza semianalítica.
- Luxómetro.
- Timer.
- Parafilm.
- Micropipetas (10 -1000 μ L).
- Regla o vernier.
- Cámara ambiental / incubadora.
- Higrómetro.
- Balanza analítica.

Material biológico

Semillas certificadas de *Lactuca sativa* L, *Allium cepa* y *Glycine max*.

Soluciones

- 1) Hipoclorito de sodio al 5% (cloro). Mezclar 25 ml de hipoclorito de sodio con 475 ml de agua destilada.
- 2) Otras

Procedimiento

- 1) Para realizar esta prueba se debe partir del intervalo de concentraciones obtenidas de la prueba de toxicidad aguda (CL_{50}) de germinación de semillas (ver técnica descrita en la técnica anterior) y aplicar concentraciones similares o ligeramente por abajo de CL_{50} .
- 2) Seleccionar y escarificar las semillas (acción de retirar la cubierta de la semilla) con cloro al 5% (ver técnica descrita en la técnica anterior), durante 15 minutos; enjuagar con agua de la llave, 10 minutos, y al final con agua destilada.
- 3) Colocar 10 g de material inerte (agrolita) en un frasco de vidrio de 250 ml y humedecer con 30 ml de agua destilada, alcanzando aproximadamente 40% de humedad.
- 4) Adicionar 2 ml de cada una de las disoluciones preparadas del extracto original preparado con dicromato, en un intervalo de concentraciones amplio (en serie logarítmica, ejemplo 0.1, 1.0, 10, 100,1000), distribuyendo de forma homogénea sobre la agrolita en toda la base del frasco.
- 5) Como testigo positivo utilizar un frasco agregando 2 ml de dicromato o del solvente utilizado para la extracción. Y como testigo negativo adicionar agua destilada.
- 6) Colocar 10 semillas por cada frasco de 250 ml, distribuyendo de tal forma que se permita un adecuado crecimiento. Hacer tres réplicas por tratamiento.

- 7) Incubar las semillas dentro de una cámara ambiental controlada a temperatura de $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ y en total oscuridad hasta que 65% de las semillas del testigo negativo hayan germinado.
- 8) Adicionar a las plantas diariamente 1 ml de agua destilada conteniendo dimetil sulfóxido al 0.5 %.
- 9) Realizar observación diaria de las plantas y registrar anomalías (decoloración, necrosis de hojas, etcétera).
- 10) Después de 14 días a partir de la germinación se da por terminada la prueba y se miden los parámetros de crecimiento: biomasa, longitud de tallo y raíz. Para determinar el peso de la biomasa en peso seco, se debe secar el tejido en una estufa a 70°C por 24 horas y efectuar el pesado en una balanza analítica.
- 11) De ser necesario, realizar las pruebas definitivas en un intervalo de concentraciones más reducido.
- 12) Elaborar la curva dosis-respuesta de las diferentes concentraciones en un intervalo reducido y calcular los valores de CE_{50} (concentración efectiva media), por el método Probit.

Cálculo de la CE_{50}

Se utiliza el método Probit, también conocido como método de unidades probabilísticas, que es usado para evaluar la relación dosis-respuesta de un contaminante sobre un organismo, medida en términos de la concentración efectiva media (CE_{50}) y su precisión o intervalo de confianza. Efectuar el cálculo de la misma manera que para la CL_{50} , de igual modo a la técnica descrita en el ensayo anterior.

Interpretación de resultados

La interpretación de resultados de la CE_{50} se maneja en los mismos términos que la CL_{50} , es un valor virtual obtenido estadísticamente, en términos de concentración, ya sea en mg de HTP kg^{-1} de suelo o de μg de algún

compuesto (ejemplo: HAP); en base seca, este valor se relaciona de forma inversa con el potencial de toxicidad, es decir una sustancia es más tóxica si requiere de una menor concentración para producir la letalidad o algún otro daño subletal.

No se manejan valores de referencia por no ser una constante biológica y sólo se puede interpretar en términos de comparación. Es de gran valía en el contexto de riesgo ambiental, la obtención de los percentiles de 1, 5 y 10%, que permiten obtener niveles de efecto umbral; además, con la pendiente de la recta se puede estimar el margen de seguridad para el tóxico o contaminante en cuestión.^{4,22,7,8}

2.4. CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA DE ALIMENTOS Y AGUA

Las afecciones que se propagan por el agua se conocen como "enfermedades transmitidas por el agua". Sus agentes patógenos son biológicos, más que químicos, y los males que provocan casi siempre son contagiosos. Por lo general, los agentes patógenos pertenecen al grupo de los microorganismos, que se transmiten en las heces excretadas por individuos infectados o por ciertos animales. De forma que estas enfermedades se suelen contraer al ingerirlos en forma de agua o de alimentos, contaminados por esas heces (vía fecal-oral).¹⁵

Los patógenos humanos transmitidos por el agua incluyen muchos tipos de microorganismos tales como: bacterias, virus, protozoos y, en ocasiones, helmintos (lombrices), todos ellos muy diferentes en tamaño, estructura y composición.¹⁰

2.4.1. BACTERIAS TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS Y AGUA

Shigella dysenteriae, que causa la disentería (diarrea sangrante), una enfermedad que se manifiesta con fiebres altas, síntomas tóxicos, retortijones, pujos intensos e incluso convulsiones.

Esta enfermedad puede causar epidemias de gran magnitud, con altísimos índices de mortalidad, como la que se registró en América Latina entre 1969 y 1973, que causó más de 500 mil enfermos y 9 mil muertos.

Salmonella typhi, es un bacilo que causa la fiebre tifoidea, una enfermedad sistémica grave que puede dar lugar a hemorragia o perforación intestinal. Aunque el agente de la fiebre tifoidea puede transmitirse también por alimentos contaminados y por contacto directo con personas infectadas, la forma más común de transmisión es a través del agua. La fiebre tifoidea ha sido prácticamente eliminada de muchas partes del mundo, principalmente como resultado del desarrollo de métodos efectivos para tratar el agua.

Salmonella spp., agente de salmonelosis, enfermedad más frecuente que la fiebre tifoidea, pero generalmente menos severa.

Vibrio cholerae, agente etiológico del cólera, se transmite habitualmente a través del agua. Sin embargo, también puede transmitirse por consumo de mariscos u hortalizas crudas. La enfermedad ha sido prácticamente eliminada en los países desarrollados gracias a la eficaz potabilización del agua.

Escherichia coli, generalmente las cepas de *E. coli* que colonizan el intestino son comensales, sin embargo dentro de esta especie se encuentran bacterias patógenas causantes de una diversidad de enfermedades gastrointestinales. Dentro de los *E. coli* patógenos se incluyen: *E. coli* enteropatogénico, *E. coli* enterotoxigénico, *E. coli* enteroinvasivo, *E. coli* enterohemorrágico, *E. coli* enteroadherente, *E. coli* enteroagregativo.^{10,15}

2.5. EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

En la mayoría de las ciudades se tiene la necesidad de evacuar las aguas de lluvia para evitar que se inunden las viviendas, los comercios, las industrias y otras áreas de interés.

Por otra parte, la construcción de edificios, casas, calles estacionamientos y otros modifican el entorno natural en que habita el hombre y, tiene como algunas de sus tantas consecuencias, la creación de superficies poco permeables (que favorece a la presencia de una mayor cantidad de agua sobre el terreno) y la eliminación de los cauces naturales (que reduce la capacidad de desalojo de las aguas pluviales y residuales).

Así, la urbanización incrementa los volúmenes de agua de lluvia que escurren superficialmente, debido a la impermeabilidad de las superficies de concreto y pavimento. Por ello, las conducciones artificiales para evacuar el agua son diseñadas con mayor capacidad que la que tienen las corrientes naturales existentes.¹

2.5.1. ELALCANTARILLADO

Un sistema de alcantarillado pluvial está constituido por una red de conductos e instalaciones pluviales complementarias que permiten la operación, mantenimiento y reparación del mismo. Su objetivo es la evacuación de las aguas pluviales, que escurren sobre las calles y avenidas, evitando con ello su acumulación y propiciando el drenaje de la zona a la que sirven. De este modo se impide la generación de daños materiales y la propagación de enfermedades relacionadas con las aguas contaminadas.¹

Sistemas de Alcantarillado Sanitario

Un sistema de alcantarillado sanitario está compuesto de una serie de estructuras, integradas con el propósito de captar las aguas residuales producidas en las viviendas, establecimientos comerciales e industriales, coleccionarlas y conducir las a una planta de tratamiento, donde son despojadas de sus características indeseables, para que finalmente sean vertidas en un cuerpo receptor o rehusadas para diferentes fines.

Componentes principales

Para satisfacer sus propósitos, un sistema de alcantarillado sanitario consta de una cantidad de elementos que de acuerdo a su función pueden agruparse en cuatro componentes principales:

- a. Red colectora.
- b. Estaciones de bombeo.

c. Unidades de tratamiento.

d. Estructuras para tratamiento y disposición final de lodos.

Se mencionan las estaciones de bombeo como uno de los componentes principales, aunque no es un elemento normal del sistema ya que se construyen cuando por las características topográficas del área es necesario vencer una diferencia de elevación que no se puede lograr por gravedad. Además, cuando existen estaciones de bombeo en el sistema de alcantarillado sanitario es el componente que requiere una operación y mantenimiento más efectivo, puesto que en la estación se concentran la mayor parte de los equipos mecánicos y eléctricos que puedan existir en el sistema.¹

2.5.2. SISTEMA DE DRENAJE URBANO

El sistema de drenaje urbano de la ciudad de Portoviejo es separado, es decir que los desagües cloacales y los desagües pluviales fueron concebidos, diseñados y construidos para funcionar de manera independiente uno de otro.

Pero en la práctica existen interconexiones clandestinas y se producen interferencias entre ambos sistemas. Se verifica el ingreso de líquidos residuales a los desagües pluviales.

Este trabajo centra su atención en las perturbaciones que provocan las aguas residuales sobre el sistema de drenaje pluvial. Básicamente se pueden plantear tres causas o formas de interferencia:

Conexiones clandestinas de líquidos cloacales que descargan en los desagües pluviales.

Infiltración a través de fisuras en los conductos pluviales por los que ingresan aguas residuales derramadas.

Ingreso a través de fisuras en los conductos pluviales del agua de la capa freática contaminada por líquidos cloacales de fosas sépticas y pozos absorbentes.

Si bien las dos últimas responden, entre otros factores, a defectos en los conductos pluviales (fisuras, etc.), las aguas infiltradas proceden de distintos elementos del sistema de captación de líquidos residuales.¹

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se desarrollará en la panificadora Estrella del Edén ubicada en la calle Sucre y Rocafuerte, durante los meses de Febrero a Julio del 2012 en la ciudad de Portoviejo.

3.1.2. PERIODO DE LA INVESTIGACIÓN

El periodo de investigación será de 6 meses desde Febrero a Julio del 2012.

3.1.3. RECURSOS EMPLEADOS

3.1.3.1. Recursos Humanos

- El investigador
- Tutor
- Técnicos
- Obreros
- Auxiliares.

3.1.3.2. Recursos Físicos

- Computador
- Impresora
- Hojas de papel bond
- Bolígrafos
- Cámara fotográfica
- Reactivos
- Equipos de laboratorio
- Cristalería
- Envases para muestras

3.1.4. UNIVERSO

El universo está conformado por los residuos de materias primas que emanen de la panificadora investigada.

3.1.5. MUESTRA

Se obtendrán 2 muestras teniendo en cuenta el proceso de fabricación y la forma de manejo en lo que a la recolección, limpieza y disposición de los residuos generados durante el proceso de amasado, división, moldeo y embalado se refiere durante 6 meses, de manera tal que se puedan procesar.

3.2. METODOS

3.2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Será un trabajo: No experimental, descriptivo y retrospectivo. Se utilizarán los métodos de recolección, descripción, visualización y resumen de datos originados a partir de los fenómenos de estudio. Los datos serán procesados y presentados en forma de tablas mediante la utilización del programa EXCEL 2007 para Windows.

3.2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

- Para la investigación se tomaron 2 muestras semanales de los efluentes durante 6 meses.
- Se llevaron las muestras al laboratorio correspondiente, para el análisis ecotoxicológico.
- En forma gerencial se elaborará el proyecto para el procesamiento.

3.2.3. METODOLOGÍAS

- Para la investigación se estudiaron dos muestras de los residuales durante 6 meses.
- Se llevaron las muestras al laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil para el análisis ecotoxicológico.

- En forma gerencial se elaborará el proyecto para el procesamiento.

Dentro de los diferentes métodos que se utilizarán para la ejecución de la presente investigación se encuentran:

Métodos teóricos

- Método inductivo: Se realizó un análisis de la aplicación de la tecnología a desarrollar para determinar las muestras de los productos que se utilizarán para los ensayos ecotoxicológicos.
- Método descriptivo: Mediante la observación directa durante el procesamiento de las muestras, se realizará un examen crítico de la situación ambiental del mismo, lo cual permitirá sentar las pautas para diseñar un sistema de manejo para la disposición de residuos que emanen de la panificadora. Se empleará la observación directa y la toma de fotos demostrativas en la recolección de la información en todos los aspectos pertinentes que permitan corroborar los resultados.
- Se realizó la caracterización ecotoxicológica de las muestras.
- Métodos estadísticos: Para tabular, presentar e interpretar los datos surgidos de la investigación, se utilizarán los métodos de recolección, descripción, visualización y resumen de datos originados a partir de los fenómenos de estudio. Los datos serán procesados y presentados en forma de tablas mediante la utilización del programa EXCEL 2007 para Windows, se logrará además determinar el impacto sobre el ecosistema de los residuos utilizando ensayos ecotoxicológicos sobre la inhibición de la germinación de semillas de *Lactuca sativa*.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis y procesamiento de los resultados se procedió a tomar muestras, dos veces a la semana durante seis meses en la panificadora objeto de estudio. Para la selección de los lugares, a muestrear, se dividió el proceso productivo en las fases de pesado, amasado, división, reposo, laminación, moldeo, horneado, enfriado, envasado y embalado.

A partir de este análisis se determinaron los puntos críticos, del proceso productivo y posterior limpieza de las diferentes áreas de la panificadora, en donde se generan residuos, así mismo se analizó el manejo y disposición que se les da a estos residuos.

Lo anterior permitió determinar que las zonas en que más residuos se generan corresponden al proceso de limpieza de las máquinas de amasado, mesas de división y moldeo, así como área de envasado y embalado.

Las muestras tomadas en cada punto seleccionado se trataron independientemente y se analizaron adecuadamente durante el tiempo que duró el estudio, y se conservaron en las condiciones (refrigeradas) adecuadas para poderlas evaluar concluida la etapa de recolección.

4.1. ANÁLISIS DE MATERIAS PRIMAS USADAS PARA LA ELABORACIÓN DEL PAN QUE PUDIERAN CONSIDERARSE RESIDUOS

En la Tabla 1 se muestra las materias primas y las cantidades empleadas en la fabricación de panes, durante un mes, en la panificadora objeto de estudio.

Tabla No. 1 Materias primas utilizadas en el proceso de moldes y bollería

| Materias Primas e Insumos | Unidad | Cantidad Promedio Mensual |
|---------------------------|--------|---------------------------|
| Harina | Kg | 2200 |
| Levadura. | Kg | 30 |
| Azúcar | Kg | 704 |
| Grasas | Kg | 440 |
| Agua | Kg | 320 |
| Otros | Kg | 250 |
| Total | Kg | 3944 |

ELABORADO POR: Ing. Jesús Cedeño Vélez

El estudio de los residuos reflejados arrojó como resultados la generación de 2112 Kg de residuales sólidos (Basura) como promedio cada mes la cual está compuesta por restos de harina, levadura y azúcar, además de papel, cartón y otros; los cuales son recolectada diariamente por el servicio público de recolección de basura. En relación con los residuales líquidos se calcula que se generan unos 2000 litros mensuales como promedio; los cuales provienen del lavado de los equipos, utensilios y mesas de división y moldeo.

Los residuales líquidos tienen en su composición restos de harina, azúcar, y levadura disueltos en el agua, así como grasa suspendida y/o emulsionada como resultado de la interacción de estas con el detergente. Estos residuales líquidos, a diferencia de los sólidos que son dispuestos en bolsas adecuadas para su recogida, son vertidos al sistema de alcantarillado desde donde deben

pasar a las Plantas de Tratamientos de la Ciudad y posteriormente van a parar a los diferentes efluentes del Río Portoviejo.

Con relación a lo antes expuesto es necesario enfatizar en el hecho la panificadora no cuenta con trampas de grasas, lo que hace que el contenido de este compuesto sea elevado en las aguas que emanan del proceso de limpieza hasta el alcantarillado; elemento que trae como resultado del proceso de eutrofización generado en ríos y lagos como consecuencia de los contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales urbanas.²⁹

Además del proceso de eutrofización la presencia de grasa, proteínas y carbohidratos en el agua residual son generadores de microorganismos patógenos en los efluentes, y aun cuando esta agua sea tratada; la carga contaminante que llega al río es mayor de las establecidas por las normas.²⁹

4.2. ENSAYO DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS Y CRECIMIENTO DE PLANTAS

4.2.1. Germinación de *Lactuca sativa* L (lechuga).

Al analizar los rangos promedios de germinación de las semillas de **Lactuca sativa L (lechuga)** de las muestras tratadas con los residuos líquidos, y correlacionarlas con la muestra testigo, como se muestra en la Tabla No 2; nos queda en claro que el proceso de germinación en las muestras de suelos tratadas con las aguas residuales procedente de las diferentes áreas de la panificadora es significativamente mayor que la germinación de la muestra testigo tratada con agua potable. Quedando en claro que no existe diferencia significativas entre las muestras de suelos tratadas con aguas residuales, pero sí de estas con la testigo.

Tabla No. 2 Ensayo de germinación de semillas de *Lactuca sativa* L (lechuga).

| Tratamientos | Identificación | Rango Promedio |
|--------------|---|----------------|
| Testigo | Suelo "artificial" estandarizado | 23,5 a |
| 1 | Suelo tratado con aguas residuales del proceso de amasado | 43,6ab |
| 2 | Suelo tratado con aguas residuales del proceso de división. | 45,45 ab |
| 3 | Suelo tratado con aguas residuales del proceso de moldeo | 46, 32ac |
| 4 | Suelo tratado con aguas residuales del proceso de embalado. | 36,87 ad |

FUENTE: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil - Laboratorio de Fisiología vegetal

ELABORADO POR: Ing. Jesús Cedeño Vélez.

a, b, c, d, e,= Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas

Los resultados de este experimento, según las condiciones y metodologías en las que transcurre el mismo, nos dejan en claro que los residuales líquidos inciden positivamente en el proceso de germinación.

Este resultado, a ojos visto, se puede interpretar como positivo si se tiene en cuenta que el proceso de germinación se ve favorecido. Sin embargo, en la práctica sucede todo lo contrario (se convierte en un efecto negativo sobre el medioambiente) debido que estos residuales tienen como destino final el río Portoviejo, por lo que en última instancia se va a favorecer el proceso de eutrofización y consecuentemente la demanda y el oxígeno disuelto en agua, lo que trae como consecuencia una alteración de los ecosistemas acuáticos.²⁹

4.3. ENSAYO DE CRECIMIENTO DE PLANTAS

Los análisis estadísticos de las alturas de las plantas que crecieron en las muestras de suelos tratadas con residuos líquidos procedentes de las diferentes áreas de la Panificadora, al ser comparadas con las que crecieron en el suelo patrón irrigado con un agua Potable y libre de contaminantes; mostraron diferencias estadísticamente significativas, específicamente, las primeras con relación a la segunda.

Como se puede apreciar, en la Tabla No 3, aquellas que crecieron en suelos tratados con residuos líquidos como promedio tienen mayor talla, y al ser comparadas se observan diferencias estadísticamente significativas con relación a las tallas de las plantas que crecieron en el suelo patrón, siendo en este último caso significativamente menores que en el caso de las muestras tratadas.

Por su parte, los análisis estadísticos del largo de la raíz tuvieron un comportamiento similar a lo acontecido con la talla de las plantas. En este caso el largo de la raíz de la muestra testigo fueron significativamente menor que las de las muestras tratadas con aguas residuales.

Los resultados anteriores pudieran parecer contradictorios, pero en realidad no lo son si tomamos en cuenta que según refieren algunos autores, el largo de la raíz se puede ver aumentada por la acción de los tóxicos o por la presencia de exceso de materia orgánica en el suelo o sustrato. Pudiendo ser este el caso, pues recordemos que las plantas que crecieron en las muestras 1-4 tienen gran cantidad de compuestos orgánicos procedentes del proceso de Panificación.

Tabla No. 3 Crecimiento de plantas y parámetros relacionados

| Muestras | Altura de la planta(cm)mediana | Largo de la Raíz (cm)Media | Peso Húmedo Planta Media | Peso Seco planta Media | Peso Húmedo Raíz Mediana | Peso Seco Raíz Mediana | % Materia Seca Planta Mediana | % Materia Seca Raíz | % Nitrógeno Total | % Proteína Bruta |
|----------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------|------------------|
| Testigo | 5,62 a | 20,46 a, | 18,6 a | 1,2a | 2,5a | 7,0 a | 4,6 a | 10,77 a | 1,6 a | 13,6 a |
| 1 | 13,35 b | 36,67b | 27,45b | 3,6b | 11,5b | 15,6b | 10,8b | 23,55b | 2,89b | 33,77b |
| 2 | 12,75b | 37,16b | 26,55b | 3,4b | 12,9b | 16,8b | 11,6b | 25,83b | 3,54b | 32,98b |
| 3 | 13,25b | 38,27b | 30,22b | 4,1b | 13,2b | 16,5b | 11,46b | 24,88b | 3,22b | 34,26b |
| 4 | 14,75b | 34,45b | 31,11b | 3,9b | 12,8b | 17,09b | 11,7b | 25,67b | 2,45b | 34,7b |

FUENTE: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil - Laboratorio de Fisiología vegetal

ELABORADO POR: Ing. Jesús Cedeño Vélez

a,b= Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas

1. Suelo tratado con aguas residuales del proceso de amasado; 2. Suelo tratado con aguas residuales del proceso de división; 3. Suelo tratado con aguas residuales del proceso de moldeo; 4. Suelo tratado con aguas residuales del proceso de embalado.

Al analizar el comportamiento estadístico del peso húmedo planta media y peso seco planta media, en los estudios llevados a cabo, tenemos la posibilidad de emitir criterios sobre el posible daño que causa al ecosistema la muestra de

ensayo. En este caso en específico, y bajo las condiciones en que transcurrió el ensayo; pudimos constatar que existen diferencias estadísticas significativas entre los valores promedios de peso húmedo planta media y peso seco planta media, en donde para el caso de las muestras tratada con residuos líquidos fueron significativamente mayor que en la muestra testigo.

Comportándose exactamente igual para el peso húmedo medio de la raíz y el peso seco medio de la raíz, en donde se observó un aumento significativo en las muestras tratadas con residuos líquidos con relación al patrón.

Del resto de los parámetros estudiados lo más significativo desde el punto de vista estadístico y experimental lo es el comportamiento de la proteína bruta la cuál disminuyó significativamente en la muestra patrón con relación a las tratadas.

Los resultados y las condiciones en las que transcurrió el estudio muestran a simple vista que las muestras tratadas con las aguas residuales presentan patrones que visualizan los residuales como contaminantes potenciales de algunos de los compartimentos ambientales.

4.4. DETERMINACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN LA PANIFICADORA.

El impacto ambiental global de una panificadora conlleva, además de evaluar el impacto que generan los residuales que se originan en el proceso productivo sobre el ecosistema, un análisis energético del horno, entre otros portadores energéticos implicados.

En este caso en específico consideramos un estudio de las características del horno, el cual deja en claro que se trata de un horno artesanal con un área de 8 m² y capacidad de 150 Kg/hora; cuyo principio de funcionamiento es transferencia de calor por convección. Se calienta por gas, a través de 4 quemadores uniformemente distribuidos en cuatro zonas. Este tipo de hornos

no presenta dispositivos que permitan identificar y controlar la temperatura y el tiempo ideal de horneado de los panes (termómetros, cronómetros).

El control de la temperatura de un horno artesanal a gas presenta mayor dificultad y necesita de una mayor pericia por parte del operario que en un horno industrial calentado con combustibles líquidos o con electricidad, donde la temperatura del horno es automática, o en su caso, de fácil control.

La cocción de pan en este tipo de horno es muy deficiente, ya que los panes que están al centro se cocen más rápidos que los que están al lado o cerca de la puerta. El consumo energético generado por este tipo de horno está afectado por sus pérdidas de calor debido a la falta de dispositivos que controlen variables importantes en la obtención del producto como temperatura y tiempo, y a su vez por lo intermitente que es el proceso de horneado debido a que en el transcurso de este proceso se deben abrir las puertas y cambiar de posición las latas de pan en el horno para controlar la cocción del pan.

Queda claro que aún cuando el equipo tiene una baja eficiencia térmica, el costo en dólares no es significativo debido a que el precio del combustible en Ecuador es uno de los más bajos del mundo. Sin embargo, el impacto ambiental de estas ineficiencias es importante ya que el origen del combustible es fósil y no renovable.

4.4.1. Impacto sobre los diferentes compartimentos del ecosistema

Como se pudo apreciar, de los estudios de ecotoxicología anteriormente discutidos, los residuales generados en el proceso de fabricación del pan, aun cuando caen en la categoría de no peligrosos “per se”, se consideran potenciales contaminantes de los suelos y las aguas.

En este último caso se centran las mayores posibilidades de contaminación ambiental como resultado de que los residuales que se generan, son medios de cultivos ideales para aumentar la carga bacteriana; la cual contribuye

directamente con el proceso de eutrofización. Todo lo cual trae como resultado la muerte de especies de los ecosistemas acuáticos y terrestres del río al cual llegan estos residuos, a través del alcantarillado y pasando por la Planta de Tratamiento de Residuales.^{9.29}

El autor de este trabajo considera que la gestión en el tratamiento de aguas residuales generadas en el proceso, aun cuando sufren un proceso de depuración, no logran niveles aceptables de depuración debido a que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Portoviejo, debido a los años de explotación y falta de Mantenimiento tiene deficiencias en la evacuación de los efluentes; lo que trae como resultado la persistencia de malos olores y poca capacidad de regeneración.

4.5. PROPUESTA DE PLAN DE MEDIDAS PARA EL MANEJO AMBIENTAL EN LA PANIFICADORA

Una vez analizados los indicadores que dan una medida del impacto ambiental de la panificadora; estamos en condiciones de implementar un plan de medidas para el manejo ambiental de dicha instalación, las cuales son tratadas a continuación.

4.5.1 Plan de medidas para el manejo ambiental en la panificadora.

| Plan de cierre, abandono y entrega del área | | | | | |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Actividad | Responsable | Fecha desde | Fecha hasta | Presupuesto | Frecuencia |
| Contar con un programa de protección de los alrededores con un registro de las actividades realizadas, y rendir un informe a la entidad encargada de | Proponente | 17/07/2012 | 17/07/2013 | \$200.00 | 12 |

| | | | | | |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| administrar el sistema ambiental del municipio de Portoviejo. | | | | | |
| Plan de comunicación y capacitación | | | | | |
| Actividad | Responsable | Fecha desde | Fecha hasta | Presupuesto | Frecuencia |
| Capacitar a los trabajadores en materia de salud ocupacional y seguridad industrial. | Proponente | 17/07/2012 | 17/07/2013 | \$200.00 | 12 |
| Plan de contingencias | | | | | |
| Actividad | Responsable | Fecha desde | Fecha hasta | Presupuesto | Frecuencia |
| Utilizar los equipos de primeros auxilios y demás equipos de prevención. | Proponente | 17/07/2012 | 17/07/2013 | \$150.00 | 12 |
| Plan de manejo de desechos | | | | | |
| Actividad | Responsable | Fecha desde | Fecha hasta | Presupuesto | Frecuencia |
| Implementar procedimientos que garanticen la generación de la menor cantidad de residuos sólidos orgánicos en cada paso del proceso productivo. | Proponente | 17/07/2012 | 17/07/2013 | \$150.00 | 12 |
| Plan de monitoreo y seguimiento | | | | | |

| Actividad | Responsable | Fecha desde | Fecha hasta | Presupuesto | Frecuencia |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Hacer cumplir los planes y programas que se diseñen con el fin de preservar el medio ambiente y contribuir con la salud de la población de Portoviejo, en el tiempo y las frecuencias establecidas, de las actividades propuestas en el Plan de Manejo. | Proponente | 17/07/2012 | 17/07/2013 | \$150.00 | 12 |
| Plan de prevención y mitigación de impactos | | | | | |
| Actividad | Responsable | Fecha desde | Fecha hasta | Presupuesto | Frecuencia |
| Realizar mantenimientos preventivos y correctivos a la trampa de grasa, horno y equipos de amasar. | Proponente | 17/07/2012 | 17/07/2013 | \$350.00 | 12 |
| Plan de rehabilitación | | | | | |
| Actividad | Responsable | Fecha desde | Fecha hasta | Presupuesto | Frecuencia |
| Implementar procedimientos que garanticen la generación de la menor cantidad de residuos | Proponente | 17/07/2012 | 17/07/2013 | \$150.00 | 6 |

| | | | | | |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| sólidos orgánicos en cada paso del proceso productivo. | | | | | |
| Plan de relaciones comunitarias | | | | | |
| Actividad | Responsable | Fecha desde | Fecha hasta | Presupuesto | Frecuencia |
| Buscar la vinculación de la Panificadora con la comunidad. | Proponente | 17/07/2012 | 17/07/2013 | \$100.00 | 12 |
| Plan de seguridad y salud ocupacional | | | | | |
| Actividad | Responsable | Fecha desde | Fecha hasta | Presupuesto | Frecuencia |
| Capacitar a los trabajadores en materia de salud ocupacional y seguridad industrial. | Proponente | 17/07/2012 | 17/07/2013 | \$300.00 | 12 |
| Total | | | | \$1750.00 | |

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- 1.** Se determinó que dentro del proceso de panificación, los puntos críticos en donde se generan los residuales son las máquinas de amasado, mesas de división y moldeo, así como área de envasado y embalado, producto de las materias primas utilizadas en el proceso de panificación como harina de trigo, azúcar, sal, levaduras, mantecas, edulcorantes, saborizantes, entre otros.
- 2.** Se precisa que los resultados del estudio ecotoxicológico de los residuos del proceso de obtención de panes, utilizando indicadores biológicos a través de ensayos fitotxicológicos sobre la inhibición de la germinación y crecimiento de plantas y parámetros relacionados en *Lactuca sativa* L (lechuga) indicaron que existen diferencias significativas entre las muestras de suelo patrón tratadas con agua potable, con relación a las muestras de suelos tratadas con residuos líquidos; demostrándose que el proceso de germinación de las semillas, crecimiento de plantas y parámetros relacionados de *Lactuca sativa* L (lechuga) fue significativamente mayor que la de la muestra testigo tratada con agua potable. Quedando en claro que no existe diferencia significativas entre las muestras de suelos tratadas con aguas residuales, pero sí de estas con la testigo.
- 3.** Se determinó que los residuos generados en la Panificadora al no contar con un proceso de manejo y disposición adecuados, son considerados como potencialmente ecotóxicos para el medio ambiente. La evaluación integral de los ensayos de fitotoxicidad, según las condiciones y metodologías en las que transcurre este experimento, dejan en claro que la contaminación con residuos orgánicos inciden negativamente en el entorno causando un proceso de Eutrofización; por lo que se propuso en el numeral 4.5.1 el plan de medidas para el manejo ambiental en la panificadora y de esta manera establecer las pautas para minimizar el impacto causado por los mismos.

5.2. RECOMENDACIONES

- 1.** De acuerdo a los resultados obtenidos de la evaluación ecotoxicológica de los suelos tratados con residuos líquidos se hace necesario continuar estudiando la influencia de estos contaminantes en otros compartimentos ambientales.
- 2.** Tomando en consideración los resultados obtenidos se recomienda de inmediato elaborar un plan de manejo para los residuos generados en las Panificadoras de toda la a Ciudad de Portoviejo.
- 3.** Los resultados obtenidos en este trabajo sugieren ampliar este tipo de estudio a las restantes panificadoras de la Ciudad de Portoviejo, otros Municipios, Provincias y País.
- 4.** Proponemos comenzar de inmediato la instauración paulatina de un sistema automatizado de Manejo de Residuos y Desechos Peligros en cada una de las Panificadoras de Ciudad de Portoviejo.
- 5.** Se recomienda instaurar un sistema de BIOMONITOREO ambiental sistemático y constante en las áreas de la Panificadora y las aledañas; todo lo cual posibilitará garantizar que estas cumplen con el principio de no contaminación del medio ambiente.
- 6.** Se recomienda capacitar a los trabajadores de la Panificadora en el manejo y disposición de los residuos generados en cada una de las etapas del proceso productivo.
- 7.** Se recomienda definir las características químicas y físicas de peligrosidad de los residuos generados.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. **ALVARIÑO**, J. 2011. Tratamientos avanzados de aguas residuales. Raven Press. Boca de Ratón. Estados Unidos. 2011.
2. **CALLOW**, P. (ED) (1993): Handbook of ecotoxicology. Vol. I y II. Blackwell Sc. Pbl. Oxford.
3. **CALOW**, P. (1993) ED: Handbook of Ecotoxicology Vol 1 y 2. Ed. Balckwell Sc. Londres.
4. **CARBALLEIRA**, A. Y **ABOAL**, J. (2000): Bancos de Especímenes Ambientales.
5. **CLEMENTS**, W. Y **NEWMAN MC**. (2002): Community Ecotoxicology. Ed. Wiley&Sons UK
6. **CÓDIGO DE SALUD DEL ECUADOR**, libro II, título IV
7. **CÓDIGO DE SALUD DEL ECUADOR**. Reglamento de Registro Sanitario, 2001, Capítulo 1.
8. **CONNELL**, DW. (1990): Bioaccumulation of xenobiotic compounds. CRC Press. Boca Raton Florida.
9. **HARPER**, D. (1992): Eutrophication of freshwaters. Principles, problems and restoration. Chapman & hall. London.
10. **LECLERC**, H; **MOSSEL**, D; **EDBERG**, S; **STRUIJK**, C. 2001. *Advances in the bacteriology of the coliform group: Their suitability as markers of microbial water safety*. Annu. Rev. Microbiol. 55, 201-234.
11. **MORENO**, MD. (2003): Toxicología ambiental. Evaluación del riesgo para la salud humana. Ed. Mc Graw Hill.
12. **NEWMANMC**. (1998): Fundamentals of Ecotoxicology. Ed. Ann Arbor Press. Chelsea USA.

13. **NEWMAN** MC. (2001): Population Ecotoxicology. Ed. Wiley&Sons UK
14. **NEWMAN**, MC (1998): Fundamentals of ecotoxicology. Ann Arbor Press. Cheksea. EEUU.
15. **NORMA OFICIAL MEXICANA** NOM-112-SSA1-1994. 1994. Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.
16. **RAMADE**, F. (1992): Precis d'ecotoxicologie. Collection d'ecologie. Masson. Paris.
17. **RÖMBKE**, J. y Moltmann, JF. (1996): Applied ecotoxicology. Lewis Pbl. London.
18. **RAMADE**, F. (1992): Precis d'ecotoxicologie. Collection d'ecologie. Masson. Paris.
19. **RÖMBKE**, J. y Moltmann, JF. (1996): Applied ecotoxicology. Lewis Pbl. London.
20. **SUTER**, GW. (1993): Ecological risk assesment. Lewis Pbl. London.
21. **SCHLESINGER**, WH. (2000): Biogeoquímica. Un análisis del cambio global. Ed Ariel Barcelona.
22. **SPELLERBERG**, IF (1991): Monitoring ecological change. Cambridge Unv. Press.
23. **STRAALEN**, NM. Y **YLOKKE**, H. (1997): Ecological risk assesment of contaminants in soil. Ed Chapman & Hall. London.
24. **SUTER**, GW. (1993): Ecological risk assesment. Lewis Pbl. London.
25. **WALKER**, CH. Y **COL** (1997): Principles of ecotoxicology. Ed Taylor y Francis. London.

26. **WELCH**, EB. (1992): Ecological effects of wastewater. Applied limnology and pollutant effects. 2^aed. Chapman & Hall. London.
27. **YUNUS**, M. Y IQBAL, M. (EDS) (1996): Plant response to air pollution. Wiley & Sons. N.Y.
28. **ZIMBERMAN**. Some Toxicological Issues of Food Contaminating With some substances. Chapter IV. Principles and Method of Toxicology. Raben Press. Boca Raton. 2011.
29. **ZABORANI**, T (2010): Proceso de eutrofización generado en ríos y lagos como consecuencia de los contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales urbanas. Wiley & Sons. N.Y.

7. ANEXOS

Anexo 1. Bioensayos y resultados de Toxicidad Aguda.


UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ

LABORATORIO DE FISIOLÓGIA VEGETAL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

LFV: 027-12

**BIOENSAYOS Y
RESULTADOS DE TOXICIDAD AGUDA.**

MUESTRA: Ciudad de Portoviejo. Ecuador.

FECHA: 1 de Junio del 2012

Ordenado por: Ing. Jesús Cedeño

Kilómetro 1.5 Avenida Carlos Julio Arosemena,
Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo,
Teléfonos: 202935 extensión 2007
Email: sa_ferera@hotmail.com



LABORATORIO DE FISIOLÓGÍA VEGETAL

RESULTADOS

Lactuca sativa. Índice de Germinación

| Muestras | Promedio |
|----------|----------|
| 1 | 23.5 |
| 2 | 43.6 |
| 3 | 45.45 |
| 4 | 46.32 |
| 5 | 38.87 |

1. Suelo "artificial" estandarizado
2. Suelo tratado con aguas residuales del proceso de amasado
3. Suelo tratado con aguas residuales del proceso de división.
4. Suelo tratado con aguas residuales del proceso de moldeo.
5. Suelo tratado con aguas residuales del proceso de embalado

Nota: Cada réplica tuvo 10 semillas.

Lactuca sativa . Crecimiento de plantas y parámetros relacionados.

| Indicadores. | Réplicas | Promedio |
|------------------------------------|----------------|--------------|
| Altura de la planta (cm) | 1 | 13,35 |
| | 2 | 12,75 |
| | 3 | 13,25 |
| | 4 | 14,75 |
| | Testigo | 5,62 |
| Largo de la raíz (cm) | 1 | 36,67 |
| | 2 | 37,16 |
| | 3 | 38,27 |
| | 4 | 34,45 |
| | Testigo | 20,46 |
| Peso húmedo de la planta(g) | 1 | 27,45 |
| | 2 | 26,55 |
| | 3 | 30,22 |
| | 4 | 31,11 |

Kilómetro 1.5 Avenida Carlos Julio Arosemena.
Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.
Teléfonos. 202935 .extensión 2007

Email: :a_llerena@hotmail.com



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

LABORATORIO DE FISILOGÍA VEGETAL

| | | |
|--|----------------|----------------|
| Peso seco planta(g) | Testigo | 18,6 |
| | 1 | 3,6 |
| | 2 | 3,4 |
| | 3 | 4,1 |
| | 4 | 3,9 |
| | Testigo | 1,2 |
| Peso húmedo de la raíz(g) | 1 | 11,5 |
| | 2 | 12,9 |
| | 3 | 13,2 |
| | 4 | 12,8 |
| | | Testigo |
| Peso seco de la raíz(g) | 1 | 15,6 |
| | 2 | 16,8 |
| | 3 | 16,5 |
| | 4 | 17,09 |
| | | Testigo |
| % Materia seca de la planta Mediana | 1 | 10,8 |
| | 2 | 11,6 |
| | 3 | 11,46 |
| | 4 | 11,7 |
| | | Testigo |
| % materia seca de la raíz | 1 | 23,55 |
| | 2 | 25,83 |
| | 3 | 24,88 |
| | 4 | 25,67 |
| | | Testigo |
| % Nitrógeno Total | 1 | 2,89 |
| | 2 | 3,54 |
| | 3 | 3,22 |
| | 4 | 2,45 |
| | | Testigo |
| Proteína Bruta | 1 | 33,77 |
| | 2 | 32,98 |
| | 3 | 34,26 |
| | 4 | 34,7 |
| | | Testigo |

Kilómetro 1.5 Avenida Carlos Julio Arosemena.
Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.
Teléfonos. 202935 .extensión 2007

Email: :a_llerena@hotmail.com



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

LABORATORIO DE FISIOLÓGIA VEGETAL

MATERIALES Y METODOS

Lactuca sativa (Lechuga). Se utilizó para el test la guía de la Agencia de Medio Ambiente de Estados Unidos EPA(Environmental Polution Agency) OPPTS 850.4100 (1996), OPPTS 850.4200 (1996) y OPPTS 850.4230 (1996).

Kilómetro 1.5 Avenida Carlos Julio Arosemena,
Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo,
Teléfonos: 202935 . extensión 2007

Email: ia_jlerena@hotmail.com



LABORATORIO DE FISIOLÓGIA VEGETAL

1. Suelo "artificial" estandarizado
2. Suelo tratado con aguas residuales del proceso de amasado
3. Suelo tratado con aguas residuales del proceso de división.
4. Suelo tratado con aguas residuales del proceso de moldeo.
5. Suelo tratado con aguas residuales del proceso de embalado

Nota: Los resultados de cada réplica son el promedio de 10 plantas.

REFERENCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). 1999. *Official Methods of Analysis of the A.O.A.C.* 16 Ed. Arlington, VA, USA. p. 17-43.
- EPA OPPTS 850.4100 1996. Terrestrial Plant Toxicity, Tier I (Seeding Emergence).
- EPA OPPTS 850.4200. 1996. Ecological Effects Test Guidelines. Seed Germination/Root Elongation Toxicity Test.
- EPA OPPTS 850.4230 1996 Early Seeding Growth Toxicity Test.
- OECD 202. 2004. *Daphnia sp. Acute Immobilisation.*
- OECD 203. 1992. *Fish, Acute Toxicity Test.*
- OECD GUIDELINE FOR TESTING OF CHEMICALS 4 April 1984 "Earthworm, Acute Toxicity Tests"

LABORATORIO FISIOLÓGIA VEGETAL
MSc. Ángel Llerena H.
DIRECTOR

MSc. Ángel Llerena Hidalgo
Director Laboratorio

Kilómetro 1.5 Avenida Carlos Julio Arosemena.
Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.
Teléfonos. 202335 .extensión 2007
Email: a_llerena@hotmail.com

Anexo 2. Informe de resultados físico – químicos de Agua Residual (mezcla compuesta).





LABORATORIO DE ENSAYOS
N° OAE LE C 10-001

| | |
|------------------------------|-------------------------|
| INFORME DE RESULTADOS | Lab. No. 0857-15 |
|------------------------------|-------------------------|

| | |
|--------------------------------|---|
| INFORMACIÓN DEL CLIENTE | |
| Solicitado por | : Sr. Jesús Eduardo Cedeño Vélez |
| Dirección | : Portoviejo - Calle Espejo y 17 de Diciembre |

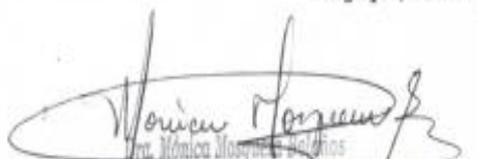
| | | |
|---------------------------|---|--|
| DATOS DEL MUESTREO | | Responsable Muestreo : Cliente |
| Tipo de Muestra | : Agua Residual | |
| Lugar de Toma | : Efluente - Purificadora "Estrella del Edén" - Ciudad Portoviejo | |
| Fecha de Toma | : Agosto 07-2015 | Fecha de Recibo: Agosto 07-2015 |

| | | | |
|---------------------------------|------------------|------------|---------|
| CONDICIONES DEL ANÁLISIS | | | |
| Inicio del Análisis | : Agosto 07-2015 | T°C | : 23 °C |
| Final del Análisis | : Agosto 13-2015 | %H | : 56% |

| Parámetros | Métodos | Resultados | TULAS Tabla IX |
|--|-------------------------|-------------------|---------------------------|
| pH a 25°C unidades..... | 4500-B PEE-LABMOS-01 | 4,5 ± 0,03 ** | 6-9 |
| *Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L..... | 5210-A PEE-LABMOS-02 | 2267 | 250 |
| Sólidos Suspendedos Totales mg/L..... | 2540-D PEE-LABMOS-04 | 320 ± 9 ** | 220 |
| *Demanda Química de Oxígeno DQO mg/L..... | 5220-D PEE-LABMOS-05 | 6800 | 500 |
| *Sólidos Totales mg/L..... | 2540-B PEE-LABMOS-06 | 2297 | 1600 |
| Sólidos Sedimentables ml/L..... | 2540-F PEE-LABMOS-08 | 5,5 ± 0,2 ** | 20 |

CP

Guayaquil, 13 de agosto del 2015


 Dra. Mónica Mosquera Bolaños

 Firma del Director Técnico
 Dra. Mónica Mosquera Bolaños

Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de pan.



Tiempo y temperatura de horneado: Varían según el producto a elaborarse.

Figura 2. Máquina procesadora de productos de panadería y pastelería.



Figura 3. Horno artesanal con un área de 8 m² y capacidad de 150 Kg/hora



Figura 4. Productos elaborados en la panificadora.

Figura 4.1. Elaboración del pan



Figura 4.2. Pan cocido



Figura 4.3. Elaboración de bizcochuelo



Figura 4.4. Embalado de productos (bizcochuelo)



Figura 5. Muestreo de aguas residuales del proceso de amasado

Figura 5.1. Limpieza de máquina de amasado



Figura 5.2. Recolección de la muestra



Figura 6. Muestreo de aguas residuales del proceso de división

Figura 6.1. Limpieza de la mesa de división



Figura 6.2. Recolección de la muestra



Figura 7. Muestreo de aguas residuales del proceso de moldeo

Figura 7.1. Limpieza de molde



Figura 7.2. Recolección de la muestra



Figura 8. Muestreo de aguas residuales del proceso de embalaje

Figura 8.1. Limpieza de equipo de embalaje



Figura 8.2. Recolección de la muestra



Figura 9. Codificación de muestras



- 1. Agua residual del proceso de amasado.**
- 2. Agua residual del proceso de división.**
- 3. Agua residual del proceso de moldeo.**
- 4. Agua residual del proceso de embalado.**