

Cuernavaca, Morelos a 12 de Noviembre de 2021

**COMISIÓN ACADÉMICA INTERNA DE LA  
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS  
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **HÉCTOR MIGUEL QUIROZ MEDINA**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10037000**, BAJO EL TÍTULO “APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES EN LA GENERACIÓN DE BIOBEDS PARA EL TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN PUNTUAL POR PLAGUICIDAS”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

**A T E N T A M E N T E**  
*Por Una Humanidad Culta*

\_\_\_\_\_  
DR. ALEXIS JOAVANY RODRÍGUEZ SOLÍS  
(FIRMA ELECTRÓNICA)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

ALEXIS JOAVANY RODRIGUEZ SOLIS | Fecha:2021-11-12 13:36:42 | Firmante

CnZ2rhQlcKeh129EuRtzonCD8hA1n3/XHKLwl/TOH6tcVUeOQN9zbZakwf6TNlyJevO0bPlidfG6/Dmg5fos01kBVTPa3KcXXf4YoNzefKwd13LNH+Y4AyMb5IkWBi+/gRj+4IIIM6B9+yLMm4GSkgS0XbhhE9VcuNg9jUodWoacVIWcVdb4l4rwxD7/yjGqDoUd0o6WqoQ8yxjX9esQt4Kjd7/63XREutEdHgVHAyCJce7gS2S3Px3GRUYQYqRpXLJx3q9iuS6sJTunhLn p2oLR8OjefAe0GxLB/wWqvoSTMlxDIYNVM5nGcw/wlrUDh1niq2JaJ/X+CnAniw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[R70CUsg8B](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/StaQfoOq5KHTyn1E8zO9IEBp9UDhGCIF>



Cuernavaca, Morelos a 12 de Noviembre de 2021

**COMISIÓN ACADÉMICA INTERNA DE LA  
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS  
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **HÉCTOR MIGUEL QUIROZ MEDINA**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10037000**, BAJO EL TÍTULO “APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES EN LA GENERACIÓN DE BIOBEDS PARA EL TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN PUNTUAL POR PLAGUICIDAS”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

**A T E N T A M E N T E**  
*Por Una Humanidad Culta*

\_\_\_\_\_  
DRA. MARÍA LUISA CASTREJÓN GODÍNEZ  
(FIRMA ELECTRÓNICA)

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**MARIA LUISA CASTREJON GODINEZ | Fecha:2021-11-12 23:43:42 | Firmante**

p2G/q9RY42mHTfE1BgHxmoCtK0Pg/wDsQfjQGp+UEB5QnlZrkRDdjmXJSfawosWDpzJVkUzdRlohTqA0SCe9L1ntDBFSldvLzCKsT1GW66Mt1STQBZ/p0qMNbDNvghF9194695NM8SedBo6g/IGBn6GskjfYTfq2/Btd5TibysIPRQXp0g4TCK+Pfhdyfujm74R9FaXoyOneYotMk23AbsNIN0DAZ5or5LymynISWG5JTB6P2BC3AglEawAipDJ5QLi9oreDqEpVZAQx1P5EQYiAhpPixpXdpQL48Tno4upN1GdoZDPIO45tvLM0HFwESdZ1rBgnuBLJXJANye+w==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[US4TVjqYE](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/Gqkzq0l0oo8VvcRkDWO63owWzt0ioeYh>

Cuernavaca, Morelos a 10 de Diciembre de 2021

**COMISIÓN ACADÉMICA INTERNA DE LA  
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS  
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESIS, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESIS QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **HÉCTOR MIGUEL QUIROZ MEDINA**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10037000**, BAJO EL TÍTULO “APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES EN LA GENERACIÓN DE BIOBEDS PARA EL TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN PUNTUAL POR PLAGUICIDAS”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

**A T E N T A M E N T E**  
*Por Una Humanidad Culta*

\_\_\_\_\_  
DR. JORGE ANTONIO GUERRERO ÁLVAREZ  
(FIRMA ELECTRÓNICA)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

JORGE ANTONIO GUERRERO ALVAREZ | Fecha:2021-12-10 17:19:12 | Firmante

FKVb3Kwek0Lso+2wHylB+0dfXGM0d0SLs0HpJB//G2XHhadHLASZvkVOo07FDz9Yrj9I/+Yvo0MUorvElsjWpkbNEZ6D9gk3vac7sg75BUECgXUmiU9ZaeA67LnX380gyB4hxryk/mm6Kgw0X53N7bzbZ59q0EBHmRTqdSzWtf/T4GvYuKmC/3gw8s70bbdEKh7Y6RV4246y5fukqjn9Yx1ix+4qcsZdjJgibuaSxaPDdop5aCRAlaDopVtAoAMAYbl3N1eceR5pQhdy1OSxZg+DsZwLI/Wts6zz+Qiw8vRcW+qjrjO4iyEQ6JewgAXuGEtE/3bxA57A1K79XqNVw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



**Cm0kMzyqY**

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/KJAWIFBeY7VxAi0q3LicQRaeaz9rOvpu>





Cuernavaca, Morelos a 16 de Noviembre de 2021

**COMISIÓN ACADÉMICA INTERNA DE LA  
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS  
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **HÉCTOR MIGUEL QUIROZ MEDINA**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10037000**, BAJO EL TÍTULO “APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES EN LA GENERACIÓN DE BIOBEDS PARA EL TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN PUNTUAL POR PLAGUICIDAS”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI VOTO APROBATORIO.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

**A T E N T A M E N T E**  
*Por Una Humanidad Culta*

\_\_\_\_\_  
M.I. ARIADNA ZENIL RODRÍGUEZ  
(FIRMA ELECTRÓNICA)

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**ARIADNA ZENIL RODRIGUEZ | Fecha:2021-11-16 11:55:57 | Firmante**

PYcL+q3KzgEFbT3m8ITzRt9n141FbU+/JV0jsG90rchfw8pg8gvitZZGdekM7KiTMmUoHG9Ulix1aJnlcvAKBChBISq2dQQPzb8rQd8BBBggq+iswHR2kv4sCYqJ2yjev2X8x6LVu0Dw03XRKMv1afdTuVIQn63UNOusRA5tglk8IPA0gXISsF/DB+XUlwIv9YtHuXdq9maZnr/p/LrEw16lY1AaWHMeIjvOzxLbC3/oq/WsvV0p+Of/VRjlrNFK2Y8XqxjZHno9vKK2AEj7uBGe3/QwzKvPKTyXFzk2AlfBeLeTY7FHdV3ecA+oBn+V3xBXRzjLktBp0nUofHA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[gsXicqSKH](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/vworawmfmjJkCYKN7SyPq8WImBDxevZs>



Cuernavaca, Morelos a 23 de Noviembre de 2021

**COMISIÓN ACADÉMICA INTERNA DE LA  
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS  
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **HÉCTOR MIGUEL QUIROZ MEDINA**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10037000**, BAJO EL TÍTULO “APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES EN LA GENERACIÓN DE BIOBEDS PARA EL TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN PUNTUAL POR PLAGUICIDAS”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

**A T E N T A M E N T E**  
*Por Una Humanidad Culta*

---

DRA. PATRICIA MUSSALI GALANTE  
(FIRMA ELECTRÓNICA)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**PATRICIA MUSSALI GALANTE** | Fecha:2021-11-23 18:16:04 | Firmante

WtSzHEIVR/OAEmjtOHj2sMpZMy5xy0l6Pj9OrL90AUMqVM/bs6+CiSR+n+KwW0EJHB16QCBzGaPgNPJ0SFagrs5MelX6GOC+UJkn1SOdRQXIAWyu+nYAb2VRFwHMVuUS38DJftd77SospuKMv39+/MYtHoavlw6exwdHyPQ37/f2p4oF6oUq+ddN/tJ9litMq6JbqponMT4PwKF39NLo4YI5V5M4+OFJ443ks4AcKp5F7AwRjyYvw3Du7CasKhsR7sz9X9tgH+OZfhR2aMNdS006Fm9jNBEPXN5VIQkvsLYMYS7o3Gs0tX04Z5vvn9H3aW+0r3Jq9icj47UtKcEQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[0WGd6spAS](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/vEUivNLGRAcvcCkUE8cJAmYRqsDkyMGs>



Cuernavaca, Morelos a 18 de enero de 2022

**COMISIÓN ACADÉMICA INTERNA DE LA  
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS  
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESIS, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESIS QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **HÉCTOR MIGUEL QUIROZ MEDINA**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10037000**, BAJO EL TÍTULO “APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES EN LA GENERACIÓN DE BIOBEDS PARA EL TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN PUNTUAL POR PLAGUICIDAS”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

**A T E N T A M E N T E**  
*Por Una Humanidad Culta*

---

DR. EFRÍAN TOVAR SÁNCHEZ  
(FIRMA ELECTRÓNICA)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**EFRAIN TOVAR SANCHEZ** | Fecha:2022-01-28 16:30:18 | Firmante

N3Xzge4r/LTZgyeYn796R4hMtjT8RgMhOqlz2hHrcTCroQ14mmpkLbtFWBub/xo3eiEn3qPXOAleY30vZQYahbRGKcp0BZ4aiD5JIFdwpS0rUaDIYiuAZU1XOibH60VumDALouLT  
VDaUpWskQq0QOPz+alXh40uVEWkCytzieU/5ZgORDvKzjXqESdPrZUSAMLurue9qgF6222+QU04X2TxwGDQIZHf1GBUFW3PXyqh40ZXm9Z78eb9upZyR9fW09pnlZRLcON2  
rDf3G8V0AFyxJt0jDVGZl5DbxV7vIOnOd76UvDZpWHEfh912Z9Q2lf4wqj2rT7fqZthXCjE6Q==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[iyDkOB3ex](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/AfyeaF7iQByTnffGWPLMzqZzaCCcjAjj>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES EN LA  
GENERACIÓN DE BIOBEDS PARA EL TRATAMIENTO DE LA  
CONTAMINACIÓN PUNTUAL POR PLAGUICIDAS**

**TESINA**

QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE  
ESPECIALISTA EN GESTIÓN INTEGRAL  
DE RESIDUOS

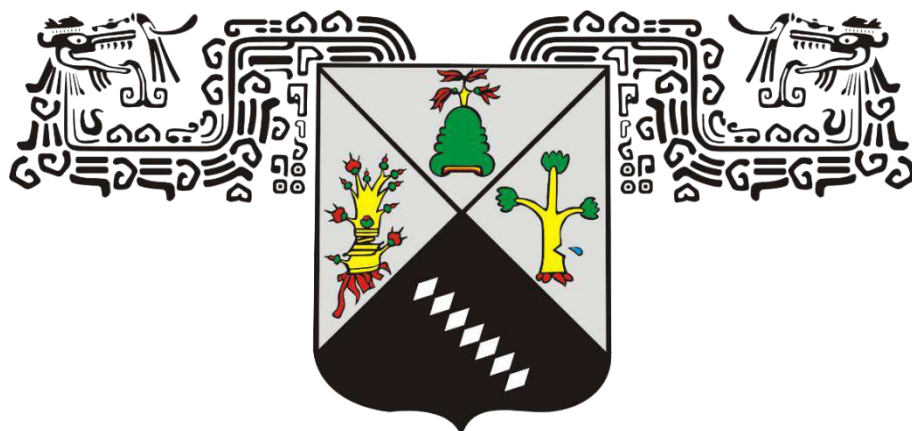
P R E S E N T A:

**I.I. HÉCTOR MIGUEL QUIROZ MEDINA**

**DIRECTOR: DR. ALEXIS JOAVANY RODRÍGUEZ SOLÍS**  
**CODIRECTORA: DRA. MARÍA LUISA CASTREJÓN GODÍNEZ**

CUERNAVACA, MORELOS

NOVIEMBRE, 2021



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

EL PRESENTE TRABAJO SE REALIZÓ EN LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS, COMO PARTE DE LOS REQUISITOS DE EGRESO DEL PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS (PNPC-CONACYT 5405).

CONTÓ CON EL APOYO DEL PROYECTO “BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS CONTAMINADOS POR GLIFOSATO MEDIANTE BIODEGRADACIÓN BACTERIANA Y EL TRATAMIENTO DE SUS RESIDUOS”, FINANCIADO POR EL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (315903) OTORGADO AL DR. ALEXIS J. RODRÍGUEZ SOLÍS, Y A TRAVÉZ DE LA BECA OTORGADA AL I.I. HÉCTOR MIGUEL QUIROZ MEDINA (CVU 1075851).



## CONTENIDO

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	3
I.1. Generalidades de los residuos agroindustriales .....	3
I.2. Impactos negativos de los residuos agroindustriales sobre la salud humana y el ambiente....	3
I.3. Tipos de aprovechamiento de los residuos agroindustriales .....	4
I.4. Generalidades de los plaguicidas.....	5
I.4.1 Efectos de los plaguicidas en la salud humana .....	6
I.4.2 Impactos ambientales de los plaguicidas en: agua, suelo y aire.....	7
I.5. Contaminación puntual por plaguicidas .....	9
I.6. Tecnologías para prevenir o mitigar la contaminación puntual por plaguicidas: biobeds.....	9
I.7. Componentes de las biobeds.....	10
CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	12
CAPÍTULO III. OBJETIVOS.....	14
CAPÍTULO IV. PROPUESTA A IMPLEMENTAR.....	15
CAPÍTULO V. PRINCIPALES HALLAZGOS.....	18
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES .....	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44

## RESUMEN

Los plaguicidas son sustancias químicas utilizadas durante las diferentes etapas de la cadena de valor agrícola para cubrir tanto la cantidad de producto requerida por el mercado como los estándares de calidad demandados por los clientes. Sin embargo, el uso intensivo e inadecuado de los plaguicidas ha generado problemas de contaminación ambiental que representan un riesgo para la salud humana y de los ecosistemas. Es importante establecer estrategias para lograr un manejo adecuado de los plaguicidas que permita prevenir la contaminación puntual generada durante las actividades de preparación y aplicación de la sustancia. Ante tal necesidad, se propone al sistema de “biobeds” o camas biológicas como una alternativa efectiva y de fácil aplicación para prevenir y mitigar los derrames ocurridos durante las actividades de manipulación de los plaguicidas. La eficiencia de las biobeds para la degradación de los remanentes de plaguicidas depende de los componentes de su biomezcla, la cual comúnmente está integrada por material lignocelulósico, suelo y turba. En el sistema, los microorganismos autóctonos del suelo o adicionados son los encargados de la biodegradación de los residuos de plaguicidas. En la presente tesina, se propone el aprovechamiento de diferentes residuos agroindustriales para ser utilizados como el material lignocelulósico, componente esencial de la biomezcla en las biobeds, esto a causa de que son materiales con alta disponibilidad y bajo costo. Además, en muchos casos los residuos agroindustriales terminan siendo incinerados o depositados en vertederos, agravando la contaminación ambiental. El objetivo de este trabajo fue identificar a los residuos agroindustriales más aptos para ser utilizados como componentes de biobeds en función de sus características químicas y disponibilidad en México. Se realizó una búsqueda sistemática (2010-2020) de información científica a nivel internacional relacionada con el uso de residuos agroindustriales como componentes de biobeds, asimismo se identificó la cantidad y tipos de residuos agroindustriales más generados en México. Los residuos agroindustriales más utilizados a nivel internacional en la elaboración de biobeds son: rastrojo de maíz, paja de trigo y cáscara de arroz; mientras que los residuos agroindustriales más generados en México son: rastrojo de maíz, paja de trigo, esquilmo de sorgo y paja de cebada. Por lo que en función de su composición química y disponibilidad se propone el uso de rastrojo de maíz y paja de trigo para la generación de biobeds en México.

## **ABSTRACT**

Pesticides are chemical substances used throughout all the steps of the Agricultural value chain. They are used to guarantee the quality standards demanded by the clients and the quantity requested by the market. Nonetheless, the inappropriate and intensive use of pesticides have generated environmental pollution problems that represent a risk for human health and the ecosystems. Therefore, it is important to implement strategies to manage pesticides, which prevents environmental pollution generated during the pesticide manipulation and preparation activities. Consequently, this work proposes biobed systems as an easy and effective way to avoid and mitigate pesticide leaks during pesticide manipulation activities. The pesticide degradation efficiency in biobeds depends on its biomixture components, biomixture usually is integrated by lignocellulosic material, soil, and peat moss. In biobeds, indigenous or added microorganisms are responsible for pesticide degradation. This work proposes the use of agroindustrial waste as lignocellulosic biobed material. Thus these materials are highly available worldwide, and they have low cost. In addition, several times, agroindustrial waste are incinerated or abandoned in landfills exacerbating environmental pollution issues. The main aim of this work was to identify the more suitable agroindustrial wastes to be used as biobeds components according to their chemical properties and availability in Mexico. A systematic international scientific information search (2010-2020) related to the use of agroindustrial in biobeds was done; also, the quantities and the kinds of agroindustrial waste more generated in Mexico were identified. Corn stubble, rice husk, and wheat straw are the agroindustrial waste more used as biobed components globally; meanwhile, corn stubble, wheat straw, sorghum waste, and barley straw are the agro-industrial waste more generated in Mexico. Hence, their chemical properties and availability, this work proposes using wheat straw and corn stubble to generate biobeds in Mexico.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años el interés por el aprovechamiento de los residuos derivados del cultivo, cosecha, recolección y procesamiento de los diferentes productos agroindustriales ha aumentado. El surgimiento de esta tendencia se debe a la alta disponibilidad de dichos residuos, sus bajos costos y la popularización de estrategias que buscan la reducción de los impactos ambientales negativos derivados de su gestión inadecuada, tales como: la generación de gases de efecto invernadero y la generación de fauna nociva (Cabrera-Rodríguez *et al.*, 2016).

Para lograr el aprovechamiento de los residuos agroindustriales se debe considerar su disponibilidad en el país y sus propiedades químicas. Entre los productos más importantes en la agroindustria mexicana, se encuentran las frutas, verduras, tubérculos y vainas, semillas, raíces y hojas; algunos comercializados en fresco y otros industrializados. De manera que es notable la generación de residuos, desde la cosecha misma, pasando por los centros de concentración y distribución, hasta la industrialización, comercialización y consumo. Este tipo de residuos suelen agruparse como agroindustriales para diferenciarlos de otros residuos vegetales. Es importante mencionar que las cantidades de los principales componentes estructurales (lignina, celulosa y hemicelulosa) pueden variar considerablemente entre los diferentes tipos de dichos residuos. Se conoce que la composición química de un determinado residuo depende de factores como la variedad, las características del terreno y los métodos de cultivo, cosecha y procesamiento industrial que sean empleados. Por lo que es importante conocer la constitución química de los residuos agroindustriales para canalizarlos hacia una estrategia exitosa de aprovechamiento en función de sus propiedades (Cabrera-Rodríguez *et al.*, 2016).

Actualmente existe un área de aprovechamiento sobresaliente donde los residuos agroindustriales pueden ser empleados como un componente fundamental: la biotecnología. Dentro de esta área se encuentra una tecnología llamada biobed, también conocida como cama biológica, biocama o sistemas de biopurificación (BPS por sus siglas en inglés) que consiste en una matriz biológicamente activa diseñada para retener y degradar derrames puntuales de plaguicidas durante las actividades de llenado, lavado y estacionamiento del equipo de aplicación. Una biobed es una estrategia simple y de poco costo económico que puede ser utilizada para minimizar el riesgo de contaminación cuando se manejan plaguicidas durante las actividades agrícolas (Castillo *et al.*, 2008).

Entre los efectos negativos sobre la salud humana asociadas al uso de plaguicidas se encuentran: problemas cognitivos y conductuales, neurotoxicidad, cáncer, daño renal, esterilidad, disrupción endocrina, inmunosupresión, interferencia con procesos bioquímicos y receptores e incluso provocar la muerte (Ortíz *et al.*, 2014). Asimismo, estas sustancias químicas tienen efectos en el ambiente como la contaminación en agua, suelo y aire. Por lo que, es necesaria la aplicación de técnicas de biorremediación sencillas, asequibles y eficientes en las zonas agrícolas, que permitan la contención de derrames y degradación de residuos de plaguicidas (Guerra, 2020).

Por ello, el presente trabajo tiene como finalidad realizar una revisión bibliográfica sistemática en la literatura científica referente al uso de residuos agroindustriales en la construcción de biobeds, para minimizar la contaminación puntual por plaguicidas. El análisis de la información recopilada permitió determinar cuáles son los residuos agroindustriales más utilizados en la elaboración de biobeds. Además, se describieron las características químicas de los residuos, tales como: contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa. En función de los resultados obtenidos se realizó una comparación para determinar los residuos agroindustriales con mayor factibilidad para ser utilizados como componentes de las biobeds en México, considerado su disponibilidad en el contexto nacional.

## **CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO**

### **I.1. Generalidades de los residuos agroindustriales**

Los residuos agroindustriales son generados a partir de la cosecha y procesamiento de diferentes productos agrícolas de alta demanda social (Sarkar *et al.*, 2012). En México se cultivan alrededor de 200 productos agrícolas, su importancia radica en que son destinados al consumo humano directo dentro del país o bien son canalizados al mercado exterior y generan divisas para la nación. Como ejemplo de productos destinados al consumo humano directo se puede mencionar al maíz, arroz, las oleaginosas, la caña de azúcar, el frijol y el trigo. Entre los productos que son material de exportación a otras naciones se encuentran el café, el jitomate y el algodón (SAGARPA, 2015b). Es importante mencionar que los residuos agroindustriales no son de utilidad para el proceso que los generó, no obstante pueden ser aprovechados o transformados para generar otro producto con valor económico, de interés económico y/o social (Saval, 2012).

Por su volumen de producción, los diez principales cultivos en México son el maíz, sorgo, trigo, frijol, arroz, cebada, soya, algodón, cártamo y ajonjolí. La cantidad anual de residuos agroindustriales generada por este tipo de cultivos es de aproximadamente 45 millones de toneladas. El rastrojo y olote de maíz, así como las pajas de sorgo y de trigo conforman aproximadamente el 81% del total de los residuos agroindustriales generados en México (SAGARPA, 2015a). Estos materiales se utilizan como alimento para el ganado cuando el alimento tradicional escasea, tales situaciones se presentan anualmente durante los periodos de sequía y el invierno.

### **I.2. Impactos negativos de los residuos agroindustriales sobre la salud humana y el ambiente**

El manejo inadecuado de los residuos agroindustriales genera impactos ambientales negativos en agua, suelo y aire, además de afectar a la salud humana. En los países subdesarrollados y en vías de desarrollo estos residuos son comúnmente abandonados en vertederos o reducidos a cenizas, provocando la contaminación ambiental (León-Martínez *et al.*, 2013). La inadecuada disposición de los residuos agroindustriales trae como consecuencia la incorporación de agentes contaminantes a los ecosistemas. Los cuales se movilizan a través del medio terrestre y el agua por medio de



escorrentías y la generación de lixiviados. En lo relativo a la salud, el abandono de los residuos agroindustriales en vertederos contribuye a la generación de vectores epidémicos que transmiten enfermedades infecto-contagiosas (Mejías-Brizuela *et al.*, 2016).

Como consecuencia de la incineración de los residuos agroindustriales en tiraderos a cielo abierto se generan gases de efecto invernadero como el CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>. Los cuales contribuyen a la intensificación del calentamiento global y la disminución de la calidad del aire. Si los residuos agroindustriales son quemados en el campo, lo cual es una práctica común, además de las emisiones correspondientes, se provocan problemas fuertes de erosión, desertificación y disminución gradual de la fertilidad del suelo. Esto a su vez provoca que los agricultores busquen nuevas zonas de cultivo ocupadas por flora y fauna silvestre que son acondicionadas para la práctica agrícola por medio de quemas y talas. Lo que repercute en la disminución de la biodiversidad por la pérdida del patrimonio genético, deterioro del patrimonio natural y de funciones críticas de la biosfera (Zúñiga-González, 2011).

### **I.3. Aprovechamiento de residuos agroindustriales**

Para identificar áreas de oportunidad en las que los residuos agroindustriales puedan insertarse con éxito es necesario conocer sus componentes, los grupos funcionales que los constituyen y las cualidades fisicoquímicas que poseen. De acuerdo con estas características es posible desarrollar tecnologías adecuadas, en las que se presente un alto grado de efectividad en el aprovechamiento de los residuos agroindustriales. Esto a través de procesos de extracción directa y/o procesos de transformación microbiana o química en productos que pueden ser comercializados. Así la biotecnología ofrece la posibilidad de convertir a los residuos agroindustriales en productos de mayor valor añadido (Mejías-Brizuela *et al.*, 2016).

La correcta caracterización de los residuos agroindustriales permite idear tecnologías para su aprovechamiento y la obtención de nuevos productos útiles para otros procesos. Por ejemplo, los desechos de uva han sido utilizados como nutrientes para la fermentación y producción de enzimas hidrolíticas como las celulasas y pectinasas, las cuales tienen aplicaciones en la industria química textil y de alimentos (Botella *et al.*, 2005). Otro ejemplo es la mezcla de bagazo de caña, avena, salvado de trigo, residuos de cebada y cáscaras de yuca que se ha utilizado como sustrato para el

crecimiento de una cepa fúngica (*Penicillium janczewskii*) para obtener enzimas. Éstas son utilizadas en la fabricación de pastas, harina de trigo, aditivos para alimentos de aves de corral y procesos de blanqueo en la industria química (Terrasan *et al.*, 2010).

En función de sus cualidades fisicoquímicas los residuos agroindustriales pueden ser utilizados para la remoción o biodegradación de agentes contaminantes. Por ejemplo: el bagazo de caña de azúcar ha sido utilizado como soporte y fuente de nutrientes para microorganismos para acelerar la degradación de hidrocarburos (Rodríguez y Hansen, 2007). Otro ejemplo es el aserrín, que es utilizado para la remoción de contaminantes como colorantes, sales y metales pesados en el agua. Finalmente podemos mencionar al grano verde de café que se ha utilizado como fuente de nutrientes y soporte en la biodegradación de plaguicidas organoclorados (Barragán-Huerta *et al.*, 2008).

#### **I.4. Generalidades de los plaguicidas**

Los plaguicidas son sustancias fabricadas por los seres humanos con la finalidad de eliminar y/o controlar organismos perjudiciales no deseados en las zonas agrícolas y consecuentemente obtener la mayor cantidad de cosecha posible. La producción y utilización masiva de plaguicidas da comienzo durante la segunda guerra mundial. Posteriormente en 1948 el químico alemán Paul German Müller recibe el premio nobel de medicina por la aplicación exitosa del dicloro difenil tricloroetano (DDT) para combatir la malaria en el ejército aliado y eliminar una plaga de tifus, transmitida por piojos en Nápoles al aplicar directamente la sustancia en el cabello de los pobladores (Angulo, 2017).

Los plaguicidas pueden ser clasificados de acuerdo al tipo de organismo que desean controlar, la actividad económica para la que fueron creados o a la familia química a la que pertenecen. Considerando el primer criterio referido, los plaguicidas se dividen en: insecticidas, acaricidas, bactericidas, fungicidas, herbicidas, antibióticos, molusquicidas y rodenticidas. En función del segundo parámetro se dividen en: agrícolas, forestales, urbanos, jardinería, pecuarios, domésticos e industriales. Finalmente, considerando su composición se dividen en los siguientes grupos de familias: dinitrocompuestos, piretroides, organofosforados, derivados de cumarina,

organometálicos, carbamatos, triazinas, derivados de urea, neonicotinoides, organoclorados y benzoilureas (Ortíz *et al.*, 2014).

#### **I.4.1 Efectos de los plaguicidas en la salud humana**

Los plaguicidas son sustancias tóxicas que pueden incorporarse fácilmente al ciclo del agua y a las cadenas tróficas, además de acuerdo a sus características fisicoquímicas también pueden estar presentes en el aire y en los productos agrícolas destinados a consumo humano. Los plaguicidas pueden ingresar al cuerpo humano a través de las principales vías de exposición, las cuales son: la ingestión, la respiración y el contacto cutáneo. Los efectos tóxicos de los plaguicidas hacia el ser humano son diversos e indiscutibles. Sin embargo, los efectos a la salud dependerán de la vía de exposición, del tipo de plaguicida, del estado general de salud del organismo expuesto, la edad del individuo, el tiempo de exposición y la dosis del plaguicida (Ortíz *et al.*, 2014).

Se considera una intoxicación aguda por plaguicidas a aquella en la que el contacto con la sustancia ocurrió en un tiempo breve, pero en una concentración alta. Los daños ocurridos por intoxicaciones agudas se presentan inmediatamente o poco tiempo después de que el producto ingresa al organismo, pueden provocar diversas reacciones alérgicas como: cefalea, conjuntivitis, dificultad para respirar e incluso la muerte (Quinteros y López, 2019). Entre las principales causas por las que suceden este tipo de intoxicaciones se encuentran: los accidentes laborales al manipular inadecuadamente a los plaguicidas, la falta de uso del equipo de protección en las actividades de fumigación, la ingesta voluntaria en intentos de suicidio y por la ingesta accidental debido a la falta de precaución en el uso de dichos compuestos (SNVE, 2007).

Una intoxicación crónica ocurre cuando se tiene un contacto prolongado con la sustancia en cantidades pequeñas. Entre los efectos causados por este tipo de intoxicaciones se encuentran: el cáncer, daño hepático, mutaciones en el ADN y lesiones degenerativas en los riñones. Los plaguicidas pueden bioacumularse en diversos organismos favoreciendo la incidencia de este tipo de intoxicaciones. Las implicaciones en salud debido a las exposiciones crónicas a ciertos plaguicidas se han asociado con la incidencia de cáncer en algunos sitios, particularmente aquellos dedicados a la agricultura (Weichenthal *et al.*, 2010).

## I.4.2 Impactos ambientales de los plaguicidas en: agua, suelo y aire

La contaminación ambiental por plaguicidas es causada principalmente por la aplicación directa de la sustancia en los cultivos. La mayoría de los agroquímicos que se aplican en los campos de cultivo, se movilizan a través del aire, suelo y agua hacia ecosistemas terrestres y acuáticos como ríos, lagos y zonas costeras (Arellano-Aguilar y Rendón von Osten, 2017). La contaminación por plaguicidas al ambiente también ocurre por prácticas comunes llevadas a cabo en las zonas agrícolas como son: el lavado deficiente de los recipientes contenedores, las filtraciones en los tanques de almacenamiento, los residuos abandonados en el suelo, derrames accidentales y el uso inadecuado tanto del agroquímico como del envase vacío que lo contuvo. Los restos de plaguicidas se incorporan al ambiente y representan un agente contaminante para los sistemas bióticos y abióticos. Factores intrínsecos de los plaguicidas (propiedades físicas y químicas) y factores extrínsecos (el clima, las condiciones geomorfológicas de los suelos, condiciones hidrogeológicas y meteorológicas de las zonas); definen la ruta que los plaguicidas siguen en el ambiente (RAPAL, 2013).

Los plaguicidas se incorporan fácilmente al ciclo hidrológico y pueden llegar al ser humano de manera directa a través del agua destinada para su consumo o de forma indirecta por medio de la cadena biológica de los alimentos. Por ejemplo, en granjas de ovejas de Veracruz se detectaron altos niveles de plaguicidas organoclorados en carne. Las concentraciones encontradas representan un riesgo carcinogénico potencial en humanos por el consumo de dicho alimento (Pardío *et al.*, 2012). Los plaguicidas pueden resultar resistentes a la degradación y por ende permanecer en aguas subterráneas y superficiales durante tiempos prolongados. Los mecanismos de contaminación más comunes para que los plaguicidas se transfieran al agua son: por aplicación directa a los cuerpos de agua, para el control de organismos no deseados, infiltraciones y escurrimientos procedentes de zonas agrícolas y por el lavado de equipos empleados en la mezcla y aplicación de las sustancias (del Puerto-Rodríguez *et al.*, 2014).

En los ecosistemas acuáticos existen organismos como las almejas y los ostiones que obtienen los nutrientes necesarios para su supervivencia mediante la filtración del agua que los rodea, de la que retienen las partículas orgánicas aprovechables. Si el agua se encuentra contaminada con restos de plaguicidas, esta cualidad hace que dicha sustancia se acumule en estos organismos, llegando incluso a presentar concentraciones mayores a las presentes en el medio circundante. Por ejemplo, en

ostiones (*Crassostrea corteziensis*) del estero Boca de Camichín, Nayarit, expuestos a plaguicidas organofosforados y carbamatos, se evaluó la actividad de la enzima acetilcolinesterasa (AChE) como biomarcador de efecto, resultando en una disminución del 65% de su actividad en los ostiones colectados del estero respecto a los controles (Bernal-Hernández y Medina-Díaz, 2014). Mostrando que dichos plaguicidas tienen un efecto fisiológico en los ostiones. Además, cuando estos organismos son consumidos por sus depredadores los restos de plaguicidas se incorporan a la cadena trófica y pasan de un eslabón a otro a lo largo de todos los eslabones que componen la cadena. Por otra parte, algunos plaguicidas son aplicados por medios aéreos en las áreas agrícolas dando lugar a la contaminación del aire. La extensión del territorio de cultivo y el tamaño de la partícula del compuesto influyen para que las moléculas de la sustancia se muevan hacia zonas vecinas, fuera del área de tratamiento (del Puerto-Rodríguez *et al.*, 2014). Los dos mecanismos principales mediante los cuales los plaguicidas se incorporan como un agente contaminante al aire son: la volatilización y la deriva. La volatilización es la cualidad que permite al plaguicida evaporarse, depende de la temperatura del ambiente y la presión de vapor del compuesto. En general se volatilizan desde el suelo en donde también influyen la solubilidad del plaguicida en agua y la naturaleza del sustrato tratado. El fenómeno de la deriva corresponde al movimiento del plaguicida en el aire, la circulación de la sustancia depende de las condiciones de aplicación y condiciones ambientales como: el viento, la temperatura y la humedad. También desde el agua puede contaminarse la atmósfera, como en el caso de los plaguicidas clorados, poco solubles en ésta, por lo que tienden a situarse en la interfaz agua-aire (del Puerto-Rodríguez *et al.*, 2014).

El suelo es contaminado por plaguicidas debido a la aplicación directa de las sustancias o de manera indirecta cuando cae el excedente de los plaguicidas aplicados a las plantas y por las escorrentías trasladadas por las lluvias procedentes de las zonas en donde los plaguicidas fueron utilizados (FAO, 2016). El tipo de suelo es un factor determinante para la acumulación de plaguicidas. Por ejemplo, los suelos arcillosos y aquellos en los que abunda la materia orgánica retienen más residuos de agroquímicos que los suelos arenosos. La familia química de plaguicidas que persiste en el suelo durante más tiempo son los organoclorados, por lo tanto, su aplicación implica un riesgo mayor de contaminación del suelo. La persistencia de estos compuestos clorados en el humus o mantillo no se mide en meses, sino en años. Por ejemplo, el insecticida aldrín y el toxafeno se han encontrado en el suelo después de cuatro y diez años posteriores a su aplicación, respectivamente. Mientras que el hexaclorobenceno y heptacloro permanecen en el suelo por lo menos 11 años (FAO, 2013). La

evaluación del grado de contaminación del suelo por plaguicidas es de gran importancia por la transferencia de ellos a los alimentos. Algunos pueden permanecer durante períodos de cinco a 30 años, como es el caso del DDT. En el caso de la ganadería, los residuos de plaguicidas pasan del suelo al forraje y finalmente a los animales, concentrándose en la grasa y por consiguiente, aumentan la concentración de residuos persistentes en la carne y la leche (del Puerto-Rodríguez *et al.*, 2014).

### **I.5. Contaminación puntual por plaguicidas**

La contaminación puntual es aquella generada a consecuencia de las actividades de preparación previas a la aplicación del producto. Los remanentes del plaguicida se dispersan en el ambiente representando un riesgo para los ecosistemas y los seres humanos. Se estima que entre el 50 y 90% de los plaguicidas causantes de contaminación en fuentes hídricas provienen de fuentes puntuales (López-Barillas, 2016). Existen tres puntos críticos que pueden generar contaminación por plaguicidas durante las actividades agrícolas: el primero tiene lugar en el llenado de tanques de aspersión del compuesto concentrado para su posterior dilución, aquí pueden ocurrir derrames del plaguicida que se encuentra en altas concentraciones. El segundo es cuando el plaguicida es esparcido en el campo, no obstante, si se llevan a cabo buenas prácticas agrícolas el riesgo existente es mínimo. En último lugar se encuentra el manejo de los residuos del compuesto dentro y fuera de la bomba en este punto se generan una gran cantidad de remanentes de baja concentración (López-Barillas, 2016).

### **I.6. Tecnologías para prevenir o mitigar la contaminación puntual por plaguicidas: biobeds**

Hoy en día existen diversas opciones para tratar las aguas que han tenido contacto con los equipos de preparación, contención y aplicación de plaguicidas. Los equipos pueden incinerarse o deshidratarse. Las aguas pueden someterse a evaporación, coagulación, floculación, filtración por distintos medios o degradación con ayuda de agentes biológicos. Si estos métodos son realizados en las condiciones correctas resultan efectivos. Sin embargo, requieren inversión en infraestructura que no puede ser solventada por pequeños agricultores. Para que un sistema sea implementado por



el sector campesino deberá cumplir con los siguientes criterios: sencillez, seguridad y bajo costo. Las biobeds son una estrategia biotecnológica de fácil implementación y segura, que comparada con sistemas de tratamiento industriales, resulta una alternativa económica y eficiente para la disminución de la contaminación puntual por plaguicidas (López-Barillas, 2016).

## **I.7. Componentes de las biobeds**

Las biobeds son una herramienta biotecnológica de origen sueco que surgió durante la década de los 90's. Su desarrollo e implementación se generó de la necesidad de contar con un método de aplicación sencilla, barato y eficiente para la degradación y retención de derrames de plaguicidas. Los cuales se presentan durante lavado, llenado y estacionamiento de los equipos con los que se aplica el compuesto. Las biobeds pueden adaptarse exitosamente a las condiciones del sitio donde van a ser aplicadas, prueba de ello es que a partir de 1997 se inició el uso generalizado de esta biotecnología en el continente europeo (Diez-Jerez *et al.*, 2013). También se encuentran casos de éxito en países en vías de desarrollo como Guatemala, donde se demostró que las biobeds producen efluentes con un 20% menos de efecto tóxico, un efluente con esta característica es considerado seguro para ser vertido en agua y suelo (Ruano, 2012). En México no se cuenta con experiencias relativas al uso de biobeds al nivel de otros países latinoamericanos como Guatemala y El Salvador, en donde existen programas coordinados entre las universidades, el gobierno, la iniciativa privada y el sector agrícola para la implementación de esta herramienta biotecnológica.

Una biobed es básicamente una excavación impermeabilizada rellena de una biomezcla compuesta por suelo, paja y turba, que se encuentra cubierta por una capa de césped y en función de las necesidades del usuario puede tener o no elementos adicionales. Un ejemplo de estos elementos, podría ser un sistema de rampas que actúen como soporte para los vehículos con los que se aplica el plaguicida. Una biobed también puede construirse como un sistema aislado en un bidón de plástico. El diseño de la biobed está ideado para que las operaciones de llenado y lavado de los equipos de aplicación sean realizadas sobre esta instalación. Esto con la finalidad de que los derrames accidentales del producto sean objetos de procesos de adsorción y degradación biológica en la biomezcla, evitando así que se adicionen como un contaminante al suelo y cuerpos acuíferos cercanos (Guerra, 2020).

Las biobeds tienen varios componentes que se muestran en la Figura 1 y se describen a continuación:

- **Biomezcla:** Es el principal componente de esta biotecnología, consiste en una mezcla de paja, suelo y turba en una proporción de 2:1:1. Una biomezcla correcta otorga a la biobed capacidad para retener a los plaguicidas y establece las condiciones idóneas para la proliferación de los microorganismos encargados de la degradación del xenobiótico.
- **Capas de arcilla y drenaje:** A causa de su impermeabilidad la arcilla disminuye el flujo de agua hacia abajo y aumenta el tiempo de retención de los plaguicidas en la biobed. El excedente de agua es eliminado a través de las capas de drenaje.
- **Capa impermeable:** Su función es mantener el sistema cerrado y no dar lugar a una eventual fuga del plaguicida.
- **Cobertura de césped:** Sirve para dar mayor eficiencia a la biobed, deteniendo a los plaguicidas en la parte superior y evitando la lixiviación de aquellos que poseen mayor movilidad. También es útil para mantener la humedad de la biomezcla, lo que favorece la evapotranspiración y permite una mayor degradación a nivel de la raíz. Además, las marcas generadas sobre el césped sirven como indicador visual que ayuda en la detección de derrames, fugas y goteos procedentes de las boquillas o de elementos defectuosos de los equipos de aplicación.
- **Tanque de recolección:** Se conecta al fondo de la biobed con una tubería, ayuda en la recolección del excedente de agua acumulado en el sistema.

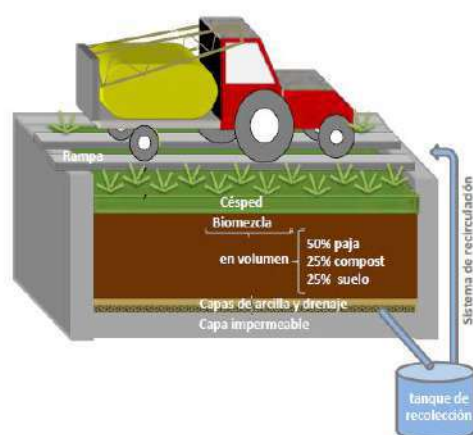


Figura 1. Componentes de las biobeds (FAO, 2016).

## **CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

Durante el desarrollo de las prácticas agrícolas se utilizan plaguicidas y se generan residuos agroindustriales. Los plaguicidas son usados para asegurar el éxito de los cultivos, no obstante, todos ellos son sustancias peligrosas y se han documentado sus efectos nocivos sobre el ambiente y la salud humana. El inadecuado manejo de los plaguicidas provoca contaminación en cuerpos de agua cercanos a las zonas agrícolas, el suelo y el aire. Los plaguicidas permanecen en el agua, que es utilizada por la flora y fauna como fuente de hidratación y son incorporados a las cadenas tróficas teniendo un gran potencial de bioacumulación en los seres vivos incluyendo el ser humano. Con respecto a las alteraciones negativas a la salud humana asociadas al uso de plaguicidas se encuentran: neurotoxicidad, cáncer, daño renal, esterilidad, disrupción endocrina, además de causar problemas cognitivos y conductuales e incluso la muerte.

Por otra parte, derivado de los procesos agrícolas se generan grandes cantidades de residuos agroindustriales que son incinerados o abandonados en tiraderos a cielo abierto. Esto en mayor o menor medida provoca la emisión de gases de efecto invernadero que contribuyen a la intensificación del calentamiento global y afectan la calidad del aire. En los últimos años, a nivel global, se ha presentado una tendencia creciente hacia la búsqueda de estrategias que permitan el aprovechamiento de los residuos agroindustriales, por ejemplo, para contener o degradar plaguicidas. Es importante mencionar que para un óptimo aprovechamiento de los residuos agroindustriales se debe considerar su constitución química y su disponibilidad.

Actualmente una de las alternativas biotecnológicas para el aprovechamiento de los residuos agroindustriales es su uso como componentes de biobeds. Las cuales consisten en una matriz biológicamente activa diseñada para retener y degradar derrames de plaguicidas durante las actividades de llenado, lavado y estacionamiento del equipo de aplicación, a la contaminación generada durante estas etapas se le denomina contaminación puntual. Una biobed es una adecuación simple y de bajo costo que minimiza el riesgo de contaminación cuando se manipulan plaguicidas. Ante esta situación el presente trabajo tuvo como finalidad realizar una revisión bibliográfica sistematizada en la literatura científica para determinar los residuos agroindustriales más eficientes como componentes de biobeds para el tratamiento de la contaminación puntual por plaguicidas.

Esto se logró mediante la identificación de las características de composición química relevantes de los residuos (contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa) y su disponibilidad en el país.

## **CAPÍTULO III. OBJETIVOS**

### **III.1. Objetivo general**

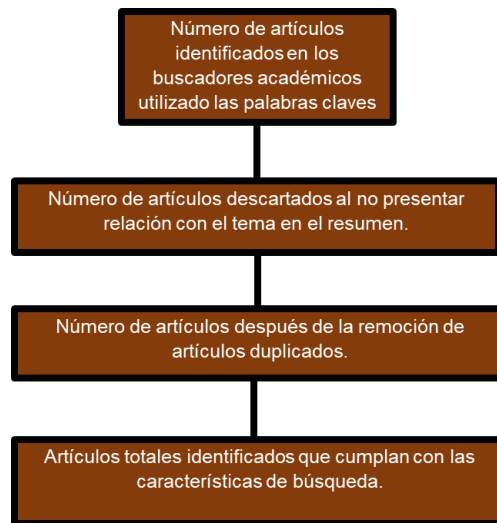
Evaluar la factibilidad del aprovechamiento de residuos agroindustriales como componentes de biobeds, en función de sus características químicas y disponibilidad en México.

### **III.2. Objetivos específicos.**

1. Realizar una búsqueda bibliográfica sobre el uso de residuos agroindustriales en la generación de biobeds a nivel internacional.
2. Describir la composición química (lignina, celulosa y hemicelulosa) de los residuos agroindustriales identificados a nivel internacional.
3. Analizar los niveles de disponibilidad de los residuos agroindustriales generados en México.
4. Proponer los residuos agroindustriales con mayor potencial para generar biobeds en México en función de su disponibilidad.

## CAPÍTULO IV. PROPUESTA A IMPLEMENTAR

El presente trabajo consistió en la realización de una revisión bibliográfica utilizando buscadores en internet especializados en literatura científica como Google académico, Redalyc, Pubmed y ScienceDirect. En estos sitios se buscaron artículos científicos en español e inglés, mediante el uso de palabras clave, tales como: Lignina, biobed, hongo de la pudrición blanca, plaguicida, degradación, lignocelulosa, capacidad de retención, enzima, fenoloxidasa, pH, humedad, fitosanitario, rastrojo, residuo agroindustrial, biomezcla, broza, turba, sustrato, tasa de adsorción. Se realizó una búsqueda general a nivel internacional sobre el uso de residuos agroindustriales en biobeds. Después se describió la composición química de los residuos agroindustriales identificados y se describió la eficiencia de degradación reportada en cada trabajo. Posteriormente, se analizaron los niveles de disponibilidad de los residuos agroindustriales generados en México. Finalmente, se propusieron los residuos con mayor potencial para ser utilizados en biobeds en México en función de su disponibilidad. El periodo de búsqueda para los artículos revisados en el presente trabajo cubrió de 2010-2020, con la finalidad de identificar referencias actuales y vigentes de la literatura científica. En la figura 2, se muestra el esquema de trabajo para la selección de artículos. Una vez realizada la búsqueda de artículos científicos, se procedió a seleccionar el material evaluando que las secciones que los conformaban contuvieran la información referida en la Tabla 1.



**Figura 2.** Estrategia de búsqueda para artículos científicos.

**Tabla 1.** Características a evaluar para la selección de artículos científicos.

Sección del artículo	Contenido a evaluar
Nombre	El artículo presenta relación en el nombre con las palabras claves empleadas, así como relación con el tema.
Resumen/abstract	El resumen del artículo trata de la utilización de residuos agroindustriales como componentes de biobeds para tratar la contaminación por plaguicidas causada por fuentes puntuales.
Resultado/Discusión/Conclusión	Incluyan alguno de los datos de la composición química de los residuos agroindustriales (lignina, celulosa y/o hemicelulosa y/o grupos funcionales) y que en los resultados y/o conclusiones del empleo de residuos agroindustriales en biobeds presenten un porcentaje de remoción o biodegradación de plaguicidas.

Asimismo, se realizó una búsqueda sobre la composición química de los residuos agroindustriales identificados (lignina, celulosa y hemicelulosa), los rangos perceptuales de cada componente por tipo de residuo agroindustrial se describieron como se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2.** Descripción química de los residuos agroindustriales identificados.

Residuo agroindustrial	Porcentaje de lignina	Porcentaje de celulosa	Porcentaje de hemicelulosa	Referencia

Los niveles de disponibilidad de los residuos agroindustriales generados en México fueron presentados como se muestra en la tabla 3, para cada tipo de residuo se generó la tabla

correspondiente, ordenando los valores de superficie cultivada (ha), producción (Toneladas), Generación de residuo (Toneladas), de manera alfabética por Estado.

**Tabla 3.** Análisis de los niveles de disponibilidad de los residuos agroindustriales generados en México.

Estado	Superficie cultivada (ha)	Producción (Toneladas)	Residuos de trigo, coeficiente media (Toneladas)

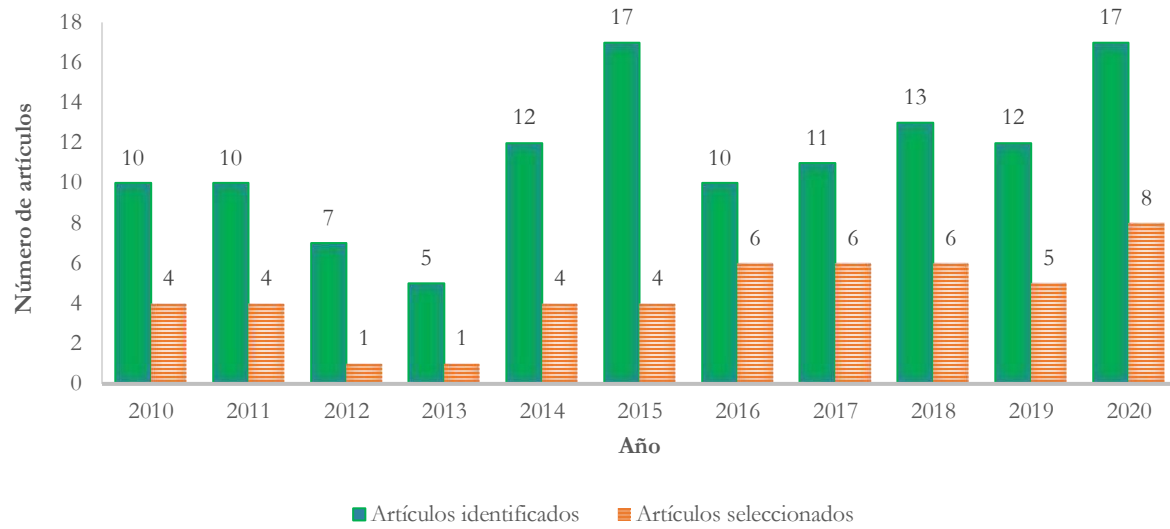
Para proponer los residuos agroindustriales con mayor potencial para generar biobeds en México en función de su disponibilidad, una vez registrados los residuos agroindustriales de mayor generación en México, se seleccionaron aquellos que presenten una composición química asociada a una alta eficiencia de degradación de plaguicidas y se propusieron aquellos de mayor potencial para generar biobeds en México.



## CAPÍTULO V. PRINCIPALES HALLAZGOS

Se realizó una búsqueda sistematizada de la información publicada entre los años 2010-2020 referente a plaguicidas, biobeds y residuos agroindustriales utilizando los siguientes buscadores científicos: Google académico, ScienceDirect y Redalyc. Se realizó una prueba piloto buscando los artículos publicados en el año 2019 en los tres buscadores referidos introduciendo las palabras biobed y pesticide. Los resultados de la prueba piloto arrojaron que el buscador que reportaba más artículos relevantes relacionados con el tema de la investigación fue Google académico, por lo que con el propósito de optimizar la búsqueda y evitar la redundancia entre los artículos identificados en búsquedas sucesivas, se decidió utilizar este buscador para la investigación, ya que los resultados de Google académico incluían todos los resultados de los otros dos buscadores.

Se procedió a revisar los resultados utilizando como primer criterio de depuración el año en que fueron publicados, comenzando la búsqueda a partir del año 2020 y continuando la búsqueda de manera descendente hasta llegar al año 2010. Una vez determinado el año se ingresaron los términos biobed y pesticide al buscador seleccionado, lo que arrojó como resultado la obtención de 124 artículos en total, considerando los 10 años de búsqueda. Posteriormente, se procedió a identificar la información relativa a porcentaje de degradación de plaguicidas, vida media de los plaguicidas, biomezcla, residuos agroindustriales y microorganismos reportados, examinando la presencia de estos términos en las secciones de resumen, materiales y métodos, resultados y conclusiones de los artículos identificados. De esta manera se obtuvo que, de los 124 artículos encontrados originalmente, sólo 49 de ellos contenían la información requerida para esta investigación (Figura 3). A continuación, se muestran el esquema utilizado para la filtración de artículos y las tablas a detalle de los resultados de la búsqueda obtenidos en función del año de publicación de los artículos:



**Figura 3.** Número de artículos identificados y seleccionados para el estudio.

A continuación, en las tablas de la 4 a la 14 se presentan los datos obtenidos de la revisión en extenso de los artículos seleccionados para el periodo 2010-2020.

**Tabla 4.** Usos de residuos agroindustriales en las biobeds para el tratamiento de plaguicidas (2020).

Plaguicida/s	Residuo agroindustrial	Lignina (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Microorganismos	Eficiencia de degradación y/o temporalidad	Concentración y/o dosis	Técnica analítica	Referencia
Clorpirifós	Ramas de vid; mezcladas con suelo y composta	NR	NR	NR	NR	Se reporta una disminución del 32.2% en el T <sub>1/2</sub> del plaguicida.	2, 5, 10, 50 y 100 mg L <sup>-1</sup>	HPLC*, utilizando el dispositivo Spectra SYSTEM P 4000 equipado con detector UV	Vischetti <i>et al.</i> , 2020
Metalaxil						Se reporta una disminución del 47.0% en el T <sub>1/2</sub> del plaguicida.	1, 2, 4, 8 y 16 mg L <sup>-1</sup>		
Cimoxanil						Se reporta una disminución del 62.2% en el T <sub>1/2</sub> del plaguicida	1, 2, 4, 8 y 16 mg L <sup>-1</sup>		
Cipermetrina	Residuos pulverizados de <i>Acacia concinna</i> , mezclada con arcilla y carbón vegetal	NR	NR	NR	Consorcio bacteriano conformado por: <i>Bortadella petrii</i> 1 GV 34, <i>Bortadella petrii</i> II GV 47 y <i>Achromobacter scylosidans</i> GV47	Se reporta ausencia de residuos del plaguicida después de 30 días	1.3 y 2.1 mg L <sup>-1</sup>	Cromatografía de gases- Espectrometría de masa	Odukkathil y Vasudevan, 2020
Glifosato	Tallos de alfalfa, rastrojo de trigo, a los que se adicionó lombrices del tipo <i>Eisenia foetida</i>	NR	NR	NR	NR	80% después de 90 días	1,000 mg Kg <sup>-1</sup> plaguicida/biomezcla	HPLC	Lescano <i>et al.</i> , 2020
Linurón	Fibra de coco mezclada con composta y suelo	NR	NR	NR	NR	T <sub>1/2</sub> <15 días	64 mg Kg <sup>-1</sup>	Ultra HPLC	Acosta-Sánchez <i>et al.</i> , 2020
Atrazina, Carbofurán y Glifosato	Paja de trigo mezclada con suelo	NR	NR	NR	Consorcio microbiano conformado por 21 bacterias de las cuales la más abundante fue <i>Pseudomonas nitroreducens</i>	>90% en 15 días	50 mg L <sup>-1</sup>	Cromatografía de gases utilizando el dispositivo Thermo Scientific Trace-GC-Ultra 1300 equipado con detector de captura de electrones acoplado con un detector de N-P	Góngora-Echeverría <i>et al.</i> , 2020
Clorpirifós	Paja de trigo mezclada con suelo superficial y turba comercial	NR	NR	NR	<i>Achromobacter</i> sp.	DT <sub>50</sub> =4.7-9.7 d	0, 10, 20, 50 y 100 mg L <sup>-1</sup>	HPLC	Briceño <i>et al.</i> , 2020
Iprodiona					<i>Pseudomonas</i> sp.	DT <sub>50</sub> =4-7 d			
Metamidofos	Fibra de coco, composta y suelo	NR	NR	NR	NR	100% a los 11 días	10 mg Kg <sup>-1</sup>	Ultra HPLC	Pérez-Villanueva, 2020
Clorpirifós							50 mg Kg <sup>-1</sup>		
Cadusafos							10 mg Kg <sup>-1</sup>		
Atrazina							50 mg Kg <sup>-1</sup>		
Clorpirifós	Paja de trigo mezclada con turba y suelo	NR	NR	NR	NR	100% después de 60 días	1,000, 2,000 mg L <sup>-1</sup>	Cromatografía de gases	Rivero <i>et al.</i> , 2020

\*HPLC: Cromatografía de líquidos de alta resolución por sus siglas en inglés  
 NR: No reportado T<sub>1/2</sub>: vida media  
 Clorpirifós T<sub>1/2</sub>: 27.6 días, Metalaxil T<sub>1/2</sub>: 38.7 días, Cimoxanil T<sub>1/2</sub>: 3.5 días

**Tabla 5.** Usos de residuos agroindustriales en las biobeds para el tratamiento de plaguicidas (2019).

Plaguicida/s	Residuo agroindustrial	Lignina (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Microorganismos	Eficiencia de degradación y/o temporalidad	Concentración	Técnica analítica	Referencia		
Carboxin	Paja de trigo mezclada con sustrato del hongo <i>Phlebotium ostreatus</i>	NR	NR	NR	NR	Se reporta un índice DT <sub>50</sub> =2.7 días	10,000 µg mL <sup>-1</sup>	HPLC	Papazlatani <i>et al.</i> , 2019		
Metalaxyl-M						DT <sub>50</sub> = 31.3- días					
Fluxaproxad						DT <sub>50</sub> =142.9 días					
Fludioxonil						DT <sub>50</sub> =42.4 días					
Atrazina	Fibra de coco precolonizada con <i>Trametes versicolor</i>	NR	NR	NR	<i>Trametes versicolor</i>	68.4% después de 16 días	40 mg Kg <sup>-1</sup>	UPLC-MS/MS**	Castro-Gutiérrez <i>et al.</i> , 2019		
Carbendazim						96.7% después de 16 días	40 mg Kg <sup>-1</sup>				
Carbofentín						98.7% después de 16 días	30 mg Kg <sup>-1</sup>				
Metalaxil						96.7% después de 16 días	30 mg Kg <sup>-1</sup>				
Azoxystrobin	Paja de arroz mezclada con suelo y composta	NR	NR	NR	NR	94.75% en 28 días	30 y 100 µg g <sup>-1</sup>	HPLC	Kumari <i>et al.</i> , 2019		
Imidacloprid						8.60% en 28 días	20 y 100 µg g <sup>-1</sup>				
Azoxystrobin	Paja de arroz mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	98.50% en 28 días	30 y 100 µg g <sup>-1</sup>				
Imidacloprid						16.87% en 28 días	20 y 100 µg g <sup>-1</sup>				
Azoxystrobin	Rastrojo de maíz mezclado con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	98.40% en 28 días	30 y 100 µg g <sup>-1</sup>				
Imidacloprid						15.93% en 28 días	20 y 100 µg g <sup>-1</sup>				
Azoxystrobin	Rastrojo de maíz mezclado con suelo y compost	NR	NR	NR	NR	95.26% en 28 días	30 y 100 µg g <sup>-1</sup>				
Imidacloprid						14.61% en 28 días	20 y 100 µg g <sup>-1</sup>				
Azoxystrobin	Paja de arroz mezclada con suelo y composta. La biomiezcza fue condicionada previamente*	NR	NR	NR	NR	94.59% en 28 días	30 y 100 µg g <sup>-1</sup>				
Imidacloprid						59.05% en 28 días	20 y 100 µg g <sup>-1</sup>				
Azoxystrobin	Paja de arroz mezclada con suelo y turba. La biomiezcza fue condicionada previamente*	NR	NR	NR	NR	97.7% en 28 días	30 y 100 µg g <sup>-1</sup>				
Imidacloprid						51.92% 3n 28 días	20 y 100 µg g <sup>-1</sup>				
Azoxystrobin	Rastrojo de maíz mezclado con suelo y turba. La biomiezcza fue condicionada previamente*	NR	NR	NR	NR	85.06% en 28 días	30 y 100 µg g <sup>-1</sup>				
Imidacloprid						41.65% en 28 días	20 y 100 µg g <sup>-1</sup>				
Azoxystrobin	Rastrojo de maíz mezclado con suelo y compost*	NR	NR	NR	NR	91.50% en 28 días	30 y 100 µg g <sup>-1</sup>				
Imidacloprid						60.89% en 28 días	20 y 100 µg g <sup>-1</sup>				
Triazinas	Fibra de coco mezclada con tierra y composta	NR	NR	NR	NR	>54.3% en 281 días	4-8 mg Kg <sup>-1</sup>			Ultra HPLC- espectrometría de masa	Masís-Mora <i>et al.</i> , 2019
Triazoles						>73.4% en 281 días	4-8 mg Kg <sup>-1</sup>				
Organofosforados						>90% en 281 día	4-8 mg Kg <sup>-1</sup>				
Metalaxyl	Residuos orgánicos de viñedos y de la industria vinícola mezclados con vermicomposta obtenida a partir de estos residuos	NR	NR	NR	NR	>al 40% después de 15 días	50 µg g <sup>-1</sup>			HPLC	Romero <i>et al.</i> , 2019
Imidacloprid		NR	NR	NR	NR	>21% después de 15 días	50 µg g <sup>-1</sup>				
Tebuconazole		124 ± 7 g Kg <sup>-1</sup>	104 ± 16 g Kg <sup>-1</sup>	111 ± 3 g Kg <sup>-1</sup>	NR	>13% después de 15 días	50 µg g <sup>-1</sup>				

\*Una porción de 10 g de la biomiezcza fue extraída para ser expuesta al plaguicida. Posteriormente fue añadida a la biobed revolviéndola uniformemente con el resto de la biomiezcza.

\*\*UPLC-MS/MS: Cromatografía líquida de ultra alta resolución en conjunto con espectrometría de masas, por sus siglas en inglés.

DT<sub>50</sub>: Vida media, ±: Desviación estándar

**Tabla 6.** Usos de residuos agroindustriales en las biobeds para el tratamiento de plaguicidas (2018).

Plaguicida/s	Residuo agroindustrial	Lignina (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Microorganismos	Eficiencia de degradación y/o temporalidad	Concentración y/o dosis	Técnica analítica	Referencia
Glifosato	Paja de alfalfa mezclada con suelo	NR	NR	NR	NR	> 99% en 63 días	1,000 mg Kg <sup>-1</sup>	HPLC/UV***	Lescano <i>et al.</i> , 2018
Glifosato	Paja de alfalfa mezclada con river waste*	NR	NR	NR	NR	>99% en 63 días	1,000 mg Kg <sup>-1</sup>	HPLC/UV	
Glifosato	Paja de trigo mezclada con suelo	NR	NR	NR	NR	>82% en 63 días	1,000 mg Kg <sup>-1</sup>	HPLC/UV	
Glifosato	Paja de trigo mezclada con river waste*	NR	NR	NR	NR	>99% en 63 días	1,000 mg Kg <sup>-1</sup>	HPLC/UV	
Acetoclor	Paja de trigo mezclada con suelo y turba en las siguientes proporciones: 12.5:62.5:25	16.94	NR	NR	NR	DT <sub>50</sub> = 4.41	800 mg Kg <sup>-1</sup>	CG (cromatografía de gases)	Bei Chu & Eivazi, 2018
Atrazina						No detectado después de 90 días	1,920 mg Kg <sup>-1</sup>		
Pendimetalin						No detectado después de 90 días	1,360 mg Kg <sup>-1</sup>		
Trifluralina						DT <sub>50</sub> = 24.9	920 mg Kg <sup>-1</sup>		
Acetoclor	Paja de trigo mezclada con suelo y turba en las siguientes proporciones: 25:50:25	19.67	NR	NR	NR	DT <sub>50</sub> = 6.22	800 mg Kg <sup>-1</sup>		
Atrazina						No detectado después de 90 días	1,920 mg Kg <sup>-1</sup>		
Pendimetalin						No detectado después de 90 días	1,360 mg Kg <sup>-1</sup>		
Trifluralina						DT <sub>50</sub> =36.5	920 mg Kg <sup>-1</sup>		
Acetoclor	Paja de trigo mezclada con suelo y compost en las siguientes proporciones: 12.5:62.2:25	12.55	NR	NR	NR	DT <sub>50</sub> = 4.14	800 mg Kg <sup>-1</sup>		
Atrazina						<0.02 mg kg <sup>-1</sup> en 90 días	1,920 mg Kg <sup>-1</sup>		
Pendimetalin						No detectado después de 90 días	1,360 mg Kg <sup>-1</sup>		
Trifluralina						DT <sub>50</sub> = 23.5	920 mg Kg <sup>-1</sup>		
Acetoclor	Paja de trigo mezclada con suelo y compost en las siguientes proporciones: 25:50:25	15.29	NR	NR	NR	DT <sub>50</sub> = 5.14	800 mg Kg <sup>-1</sup>		
Atrazina						<0.02 mg kg <sup>-1</sup> en 90 días	1,920 mg Kg <sup>-1</sup>		
Pendimetalin						0.01 mg kg <sup>-1</sup> en 90 días	1,360 mg Kg <sup>-1</sup>		
Trifluralina						DT <sub>50</sub> = 19.7	920 mg Kg <sup>-1</sup>		
2,4-D	Rastrojo de maíz mezclado con suelo	0.56	NR	NR	Se identificaron 23 especies de archaea, 598 especies de bacterias y 64 especies de hongos presentes en la biobed	>99% en 41 días	5,400 mg L <sup>-1</sup>	GC con ECD NPD***	Góngora-Echeverría <i>et al.</i> , 2018
Atrazina						>99% en 41 días	12,500 mg L <sup>-1</sup>		
Carbonofurano						>99% en 41 días	1,145 mg L <sup>-1</sup>		
Diazinón						>99% en 41 días	1,718 mg L <sup>-1</sup>		
Glifosato						No detectado después de 41 días	1,800 mg L <sup>-1</sup>		

Continuación Tabla 6.

Plaguicida(s)	Residuo agroindustrial	Lignina (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Microorganismos	Eficiencia de degradación y/o temporalidad	Concentración y/o dosis	Técnica analítica	Referencia
2,4-D	Algas marinas mezcladas con suelo y compost	3.99	NR	NR	Se identificaron 23 especies de archaea, 598 especies de bacterias y 64 especies de hongos presentes en la biobed	>99% en 41 días	5,400 mg L <sup>-1</sup>	GC con ECD NPD	Góngora-Echeverría <i>et al.</i> , 2018
Atrazina						>99% en 41 días	12,500 mg L <sup>-1</sup>		
Carbonofurano						>99% en 41 días	1,145 mg L <sup>-1</sup>		
Diazinón						>99% en 41 días	1,718 mg L <sup>-1</sup>		
Glifosato						No detectado después de 41 días	1,800 mg L <sup>-1</sup>		
2,4-D	Rastrojo de maíz mezclado con suelo y compost	4.00	NR	NR	Se identificaron 23 especies de archaea, 598 especies de bacterias y 64 especies de hongos presentes en la biobed	>99% en 41 días	5,400 mg L <sup>-1</sup>		
Atrazina						>99% en 41 días	12,500 mg L <sup>-1</sup>		
Carbonofurano						>99% en 41 días	1,145 mg L <sup>-1</sup>		
Diazinón						>99% en 41 días	1,718 mg L <sup>-1</sup>		
Glifosato						No detectado después de 41 días	1,800 mg L <sup>-1</sup>		
2,4-D	Rastrojo de maíz mezclado con suelo y sisal	1.59	NR	NR	Se identificaron 23 especies de archaea, 598 especies de bacterias y 64 especies de hongos presentes en la biobed	>99% en 41 días	5,400 mg L <sup>-1</sup>		
Atrazina						>99% en 41 días	12,500 mg L <sup>-1</sup>		
Carbonofurano						>99% en 41 días	1,145 mg L <sup>-1</sup>		
Diazinón						>99% en 41 días	1,718 mg L <sup>-1</sup>		
Glifosato						No detectado después de 41 días	1,800 mg L <sup>-1</sup>		
Atrazina	Fibra de coco mezclada con composta de jardín y suelo.	NR	NR	NR	Se identificó la presencia de los siguientes filos de bacterias: Proteobacteria, firmicutes y actinobacteria.	T <sub>1/2</sub> = 9.9 días	40 mg Kg <sup>-1</sup>	Ultra HPLC	Castro-Gutiérrez <i>et al.</i> , 2018
Carbendazim						T <sub>1/2</sub> = 3.0 días	40 mg Kg <sup>-1</sup>		
Carbonofurano						T <sub>1/2</sub> = 2.8 días	30 mg Kg <sup>-1</sup>		
Metalaxil						T <sub>1/2</sub> = 2.7 días	30 mg Kg <sup>-1</sup>		
Atrazina	Fibra de coco mezclada con composta de jardín, suelo y oxitetraciclina.	NR	NR	NR	Se identificó la presencia de los siguientes filos de bacterias: Protobacteria, firmicutes y actinobacteria.	T <sub>1/2</sub> = 9.1 días	40 mg Kg <sup>-1</sup>		
Carbendazim						T <sub>1/2</sub> = 3.1 días	40 mg Kg <sup>-1</sup>		
Carbonofurano						T <sub>1/2</sub> = 2.6 días	30 mg Kg <sup>-1</sup>		
Metalaxil						T <sub>1/2</sub> = 2.8 días	30 mg Kg <sup>-1</sup>		
Atrazina	Fibra de coco mezclada con composta de jardín y suelo. **	NR	NR	NR	Se identificó la presencia de los siguientes filos de bacterias: Protobacteria, firmicutes y actinobacteria.	T <sub>1/2</sub> = 9.5 días	40 mg Kg <sup>-1</sup>		
Carbendazim						T <sub>1/2</sub> = 2.9 días	40 mg Kg <sup>-1</sup>		
Carbonofurano						T <sub>1/2</sub> = 2.5 días	30 mg Kg <sup>-1</sup>		
Metalaxil						T <sub>1/2</sub> = 2.7 días	30 mg Kg <sup>-1</sup>		
Atrazina	Fibra de coco mezclada con composta de jardín, suelo y oxitetraciclina.**	NR	NR	NR	Se identificó la presencia de los siguientes filos de bacterias: Protobacteria, firmicutes y actinobacteria.	T <sub>1/2</sub> = 8.9 días	40 mg Kg <sup>-1</sup>		
Carbendazim						T <sub>1/2</sub> = 3.0 días	40 mg Kg <sup>-1</sup>		
Carbonofurano						T <sub>1/2</sub> = 2.7 días	30 mg Kg <sup>-1</sup>		
Metalaxil						T <sub>1/2</sub> = 2.8 días	30 mg Kg <sup>-1</sup>		
Atrazina	Paja de trigo mezclada con turba y suelo	NR	NR	NR	Se reporta la presencia de actinobacterias, bacterias y hongos	96.5% después de 90 días	50 mg Kg <sup>-1</sup>	HPLC	María Cristina Diez <i>et al.</i> , 2018
Clorpirifós						95.7% después de 90 días	50 mg Kg <sup>-1</sup>		
Iprodiona						97.7% después de 90 días	50 mg Kg <sup>-1</sup>		
Clorpirifós	Paja de trigo mezclada, con turba, suelo y un cultivo de <i>Streptomyces</i>	NR	NR	NR	<i>Streptomyces</i> sp.	No detectado después de 10 días	50 mg L <sup>-1</sup>	HPLC	Briceño <i>et al.</i> , 2018
Diazinón						>99% después de 10 días	50 mg L <sup>-1</sup>		

\*River waste es un producto comercializado por Santa Isabel vivarium S.A. consiste en residuos de plantas acumulados bajo condiciones anaerobias presentes en determinadas áreas del delta del río Paraná.

\*\* La biomezcla fue enriquecida con un consorcio bacteriano integrado por *Pseudomonas* sp. y *Sphingobium* sp.

\*\*\* HPLC/UV: Cromatografía de líquidos de alta resolución con espectroscopia ultravioleta por sus siglas en inglés.

\*\*\*\*CG con ECD NPD: Cromatografía de gases con detector de captura de electrones y detector de fósforo-nitrógeno. T<sub>1/2</sub>: Vida media

**Tabla 7.** Usos de residuos agroindustriales en las biobeds para el tratamiento de plaguicidas (2017).

Plaguicida/s	Residuo agroindustrial	Lignina (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Microorganismos	Eficiencia de degradación y/o temporalidad	Concentración	Técnica analítica	Referencia		
Tebuconazol	Restos de la poda de olivos y alperujo molido mezclado con suelo	7.5	8.2	7.8	NR	69 ± 1% en 78 días	248-266 mg Kg <sup>-1</sup>	HPLC-DAD****	Delgado-Moreno <i>et al.</i> , 2017		
Imidacloprid						70 ± 2%	216-269 mg Kg <sup>-1</sup>				
Tebuconazol	Vermicomposta obtenida a partir de los restos de la poda de olivos y alperujo mezclado con suelo	8.6	6.3	8.2	NR	73 ± 4%	248-266 mg Kg <sup>-1</sup>				
Imidacloprid						80 ± 2%	216-269 mg Kg <sup>-1</sup>				
Tebuconazol	Restos de la poda de olivos y alperujo molido mezclado con suelo*	7.5	8.2	7.8	NR	81 ± 3%	144-287 mg Kg <sup>-1</sup>				
Imidacloprid						77 ± 3%	129-187 mg Kg <sup>-1</sup>				
Tebuconazol	Vermicomposta obtenida a partir de los restos de la poda de olivos y alperujo mezclado con suelo*	8.6	6.3	8.2	NR	59 ± 2%	144-287 mg Kg <sup>-1</sup>				
Imidacloprid						63 ± 2%	129-187 mg Kg <sup>-1</sup>				
Atrazina	Paja de trigo mezclada con andosol y turba	9.9	41	NR	Actinomycetes	95% en 5 días	35 mg Kg <sup>-1</sup>			HPLC	Elgueta <i>et al.</i> , 2017
Clorpirifós						98% en 5 días	35 mg Kg <sup>-1</sup>				
Iprodiona						100 % en 60 días	35 mg Kg <sup>-1</sup>				
2,4-D	Paja de trigo mezclada con suelo y compost obtenido a partir de estiércol de ganado	NR	NR	NR	NR	93% en 13 días	56 g L <sup>-1</sup>			HPLC	Cessna <i>et al.</i> , 2017
Bromoxinil						70% en 13 días	210 g L <sup>-1</sup>				
Thifensulfuron-metil						64% en 13 días	750 g Kg <sup>-1</sup>				
Tribenuron-metil						34% en 13 días	500 g Kg <sup>-1</sup>				
Atrazina	Fibra de coco mezclada con suelo y compost	NR	NR	NR	NR	75.3% en 20 días	40 mg Kg <sup>-1</sup>	Ultra HPLC	Lizano-Fallas <i>et al.</i> , 2017		
Clorpirifós						93.6% en 20 días	40 mg Kg <sup>-1</sup>				
Atrazina	Fibra de coco mezclada con suelo y compost** TV	NR	NR	NR	<i>T. versicolor</i>	34.0% en 20 días	40 mg Kg <sup>-1</sup>	Ultra HPLC	Lizano-Fallas <i>et al.</i> , 2017		
Clorpirifós						65.3% en 20 días	40 mg Kg <sup>-1</sup>				
Atrazina	Paja de trigo mezclada con turba y andosol*** LP	NR	NR	NR	Actinobacteria	82% en 20 días	5 mg Kg <sup>-1</sup>	HPLC	Diez <i>et al.</i> , 2017		
Clorpirifós						89% en 20 días	5 mg Kg <sup>-1</sup>				
Iprodiona						74% en 20 días	5 mg Kg <sup>-1</sup>				
Atrazina	Fibra de coco mezclada con compost y suelo previamente expuesto a carbofurán	NR	NR	NR	NR	T1/2=21.7 d	25 mg Kg <sup>-1</sup>	Ultra HPLC	Huete-Soto <i>et al.</i> , 2017		
Ametrina						T1/2=40.3 d	25 mg Kg <sup>-1</sup>				
Linurón						T1/2=21.9 d	25 mg Kg <sup>-1</sup>				
Carbendazim						T1/2= 8.9 d	25 mg Kg <sup>-1</sup>				
Fenilamina						T1/2= 6.5 d	25 mg Kg <sup>-1</sup>				

\*La biobed contaba con una cobertura de césped integrada por las siguientes especies de plantas: 25% *Bromus parodi*, 25% *Lolium perenne* y 50% *Lolium multiflorum*.

\*\* La biomezcla fue tratada previamente con una solución que contenía al hongo *Trametes versicolor*.

\*\*\* La biobed contaba con una capa de césped conformada exclusivamente por *Lolium perenne*.

\*\*\*\*HPLC-DAD Cromatografía de líquidos de alta resolución con detector de arreglo de diodos.

±: Desviación estándar

**Tabla 8.** Usos de residuos agroindustriales en las biobeds para el tratamiento de plaguicidas (2016).

Plaguicida(s)	Residuo agroindustrial	Lignina (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Microorganismos	Eficiencia de degradación y/o temporalidad	Concentración	Técnica analítica	Referencia
Propizamida	Paja de trigo, mezclada con suelo y turba comercial	NR	NR	NR	NR	97.6% en dos años	2551.3 µg L <sup>-1</sup>	HPLC	Cooper <i>et al.</i> , 2016
Clordazón						96.8%	2547.7 µg L <sup>-1</sup>		
Triclopir						96.6%	958.5 µg L <sup>-1</sup>		
Etofumesato						96.4%	26 935.1 µg L <sup>-1</sup>		
Clorotolurón						95.4%	150.4 µg L <sup>-1</sup>		
Bromoxamil						93.2%	167.3 µg L <sup>-1</sup>		
2,4-D						92.7%	2944.9 µg L <sup>-1</sup>		
Mecoprop						86.0%	803.7 µg L <sup>-1</sup>		
MCPA						84.2%	30.4 µg L <sup>-1</sup>		
Fluroxpir						80.7%	1162.0 µg L <sup>-1</sup>		
Dicamba						80.4%	223.5 µg L <sup>-1</sup>		
Carbetamida						80.4%	15.3 µg L <sup>-1</sup>		
Clopirad						76.8%	1025.5 µg L <sup>-1</sup>		
Metsulfurón-metil						75.4%	32.9 µg L <sup>-1</sup>		
Metazacoloro						68.4%	5561.0 µg L <sup>-1</sup>		
Atrazina						Paja de trigo mezclada con andisol y turba*	9.9		
Atrazina	Paja de trigo mezclada con andisol y turba	9.9	41	7.8	NR	78% en 60 días	80 mg Kg <sup>-1</sup>	HPLC	Diez <i>et al.</i> , 2016
Endosulfín	Salvado, suelo y turba	NR	NR	NR	NR	87% en 21 días	1-25 mg Kg <sup>-1</sup>	GC	Rivero <i>et al.</i> , 2016
Clorpirifós						79% en 21 días	1-25 mg Kg <sup>-1</sup>		
Terbutilazina	LECA mezclada con suelo**	NR	NR	NR	NR	44.8±0.7 en 120 días	65 mg Kg <sup>-1</sup>	HPLC con detector UV	Pinto <i>et al.</i> , 2016(Lizano-Fallas <i>et al.</i> , 2017)
Difenoconazol						32.7±0.5	20 mg Kg <sup>-1</sup>		
Diflufenican						25.7±0.5	20 mg Kg <sup>-1</sup>		
Pendimetalin						46.2±0.2	65 mg Kg <sup>-1</sup>		
Terbutilazina	Pino mezclado con suelo	NR	NR	NR	NR	47.0±0.8	65 mg Kg <sup>-1</sup>		
Difenoconazol						32.7±0.5	20 mg Kg <sup>-1</sup>		
Diflufenican						25.7±0.5	20 mg Kg <sup>-1</sup>		
Pendimetalin						46.2±0.2	65 mg Kg <sup>-1</sup>		
Terbutilazina	Corcho mezclado con suelo	NR	NR	NR	NR	71.9±1.0	65 mg Kg <sup>-1</sup>		
Difenoconazol						64.6±0.3	20 mg Kg <sup>-1</sup>		
Diflufenican						65.7±0.3	20 mg Kg <sup>-1</sup>		
Pendimetalin						75.0±0.4	65 mg Kg <sup>-1</sup>		
Terbutilazina	Corcho mezclado con suelo y paja	NR	NR	NR	NR	75.6±0.8	65 mg Kg <sup>-1</sup>		
Difenoconazol						66.3±0.5	20 mg Kg <sup>-1</sup>		
Diflufenican						67.1±0.5	20 mg Kg <sup>-1</sup>		
Pendimetalin						75.8±0.8	65 mg Kg <sup>-1</sup>		
Terbutilazina	Corcho mezclado con suelo***	NR	NR	NR	<i>Sterum hirsutum</i>	89.9±0.8	65 mg Kg <sup>-1</sup>		
Difenoconazol						75.0±0.7	20 mg Kg <sup>-1</sup>		
Diflufenican						65.0±0.6	20 mg Kg <sup>-1</sup>		
Pendimetalin						99.4±0.9	65 mg Kg <sup>-1</sup>		
Tetracolonisofalonitril	Residuos de fique	NR	NR	NR	<i>Candida boidinii</i>	99.85% en 3 días	19 g L <sup>-1</sup>	GC	Figueroa <i>et al.</i> , 2016

\*La biomezcla fue adicionada con un soporte granular conformado por: aserrín, harina de maíz, almidón, linaza y lignosulfonato. El soporte fue colonizado previamente por la siguiente especie de hongo: *Sterum hirsutum*.

\*\* LECA (agregados ligeros expandibles de arcilla por sus siglas en inglés) es un material altamente poroso de peso ligero que es usado principalmente para propósitos de construcción y que en los últimos años ha encontrado aplicaciones en procesos de tratamiento de aguas residuales debido a su capacidad de remover algunos xenobióticos.

\*\*\*La biomezcla fue adicionada con el hongo *Lentinula edodes*. ±: Error estándar



**Tabla 9.** Usos de residuos agroindustriales en las biobeds para el tratamiento de plaguicidas (2015).

Plaguicida(s)	Residuo agroindustrial	Lignina (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Microorganismos	Eficiencia de degradación y/o temporalidad	Concentración	Técnica analítica	Referencia
Orto-fenilfenol	Paja de trigo mezclada con suelo en la siguiente proporción: 50:50	NR	NR	NR	NR	DT <sub>50</sub> =2.5	45 mg Kg <sup>-1</sup>	HPLC-UV	Kans <i>et al.</i> , 2015
Difentolamida						DT <sub>50</sub> =1.04	35 mg Kg <sup>-1</sup>		
Imazalil						DT <sub>50</sub> =58.3	35 mg Kg <sup>-1</sup>		
Tiabendazol						DT <sub>50</sub> =236.5	35 mg Kg <sup>-1</sup>		
Orto-fenilfenol	Sustrato de hongo, paja de trigo y suelo en las siguientes proporciones: 50:25:25	NR	NR	NR	NR	DT <sub>50</sub> =0.34	45 mg Kg <sup>-1</sup>		
Difentolamida						DT <sub>50</sub> =1.01	35 mg Kg <sup>-1</sup>		
Imazalil						DT <sub>50</sub> =28.6	35 mg Kg <sup>-1</sup>		
Tiabendazol						DT <sub>50</sub> =28.3	35 mg Kg <sup>-1</sup>		
Orto-fenilfenol	Paja de trigo, sustrato de hongo y suelo en las siguientes proporciones: 50:25:25	NR	NR	NR	NR	DT <sub>50</sub> =0.56	45 mg Kg <sup>-1</sup>		
Difentolamida						DT <sub>50</sub> =1.46	35 mg Kg <sup>-1</sup>		
Imazalil						DT <sub>50</sub> =46.0	35 mg Kg <sup>-1</sup>		
Tiabendazol						DT <sub>50</sub> =54.8	35 mg Kg <sup>-1</sup>		
Acetocloro	Paja, suelo y turba en las siguientes proporciones: 12.5:62.5:25	16.94	NR	NR	NR	Vala media=5.9	Dosis más alta recomendada por el fabricante aplicada a 25 g de biomasa	NR	B Chu & Elivazi, 2015
Atrazina						15.7			
Pendimetalina						12.0			
Trifluralina						29.6			
Acetocloro	Paja, suelo y turba en las siguientes proporciones: 25:50:25	19.67	NR	NR	NR	5.7			
Atrazina						10.0			
Pendimetalina						9.6			
Trifluralina						49.5			
Acetocloro	Paja, suelo y compost en las siguientes proporciones: 50:25:25	27.67	NR	NR	NR	6.4			
Atrazina						15.0			
Pendimetalina						9.6			
Trifluralina						21.7			
Acetocloro	Paja, suelo y compost en las siguientes proporciones	26.85	NR	NR	NR	5.7			
Atrazina						16.0			
Pendimetalina						13.8			
Trifluralina						23.0			
Carbonofurano	Fibra de coco, suelo y compost en las siguientes proporciones: 50:25:25	NR	NR	NR	NR	Porcentaje de remoción= 49.2±7.0 en 3 días	30 mg Kg <sup>-1</sup>	NR	Chin Pampillo <i>et al.</i> , 2015
Carbonofurano	Fibra de coco, suelo y compost en las siguientes proporciones: 46.4:40:13.6	NR	NR	NR	NR	95.5±8.6*			
Carbonofurano	Fibra de coco, suelo y compost en las siguientes proporciones: 35.0:40:25	NR	NR	NR	NR	65.1±10.4*			
Carbonofurano	Fibra de coco, suelo y compost en las siguientes proporciones: 52.5:10:37.5	NR	NR	NR	NR	82.1±13.2*			
Carbonofurano	Fibra de coco, suelo y compost en las siguientes proporciones: 69.5:10:20.5	NR	NR	NR	NR	87.2 ± 9.1*			
Carbonofurano	Fibra de coco, suelo y compost en las siguientes proporciones: 60:25:1	NR	NR	NR	NR	98.4 ± 8.7*			
Carbonofurano	Fibra de coco, suelo y compost en las siguientes proporciones: 35.9:46.2:17.9	NR	NR	NR	NR	92.4 ± 9.2*			
Carbonofurano	Fibra de coco, suelo y compost en las siguientes proporciones: 64.1:3.8:32.1	NR	NR	NR	NR	93.5 ± 8.6*			
Clorotalonil	Suelo, turba, paja de trigo en las siguientes proporciones: 74.2:19.36:4	12.3	NR	NR	NR	DT <sub>50</sub> =9±0.8**			
Imidacloprid						26±2.6**			
Clorotalonil	Suelo, residuos de <i>P. strajali</i> , paja de trigo: 83.6:9.17:3	13.4	NR	NR	NR	82±0.7**			
Imidacloprid						23.9**			
Clorotalonil	Suelo, residuos de <i>F. solanipse</i> , paja de trigo en las siguientes proporciones: 82.1:10.87:1	12.3	NR	NR	NR	8±2.4**			
Imidacloprid						24±3.2**			
Clorotalonil	Suelo, residuos de <i>L. albidus</i> , paja de trigo en las siguientes proporciones: 78.8:14.3:6.9	20.6	NR	NR	NR	7±0.7**			
Imidacloprid						21±2.5**			

\*±: o Error estándar  
 \*\*±: Desviación estándar

**Tabla 10.** Usos de residuos agroindustriales en las biobeds para el tratamiento de plaguicidas (2014).

Plaguicida(s)	Residuo agroindustrial	Lignina (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Microorganismos	Eficiencia de degradación y/o temporalidad	Concentración	Técnica analítica	Referencia
Atrazina	Semillas de girasol	NR	NR	NR	NR	% de desorción=36.2	200 µg L <sup>-1</sup>	GC	Rojas <i>et al.</i> , 2014
Alaclor						57.5%			
Endosulfán sulfato						23.1%			
Trifluralina						8.65%			
Atrazina	Cáscara de arroz	NR	NR	NR	NR	29.5%			
Alaclor						48.5%			
Endosulfán sulfato						18.2%			
Trifluralina						14.5%			
Atrazina	Composta de fango	NR	NR	NR	NR	16.2%			
Alaclor						12.0%			
Endosulfán sulfato						28.2%			
Trifluralina						8.1%			
Carbonofurano	Cáscara de arroz	NR	NR	NR	NR	55.1% en 34 días	~10 mg Kg <sup>-1</sup>	HPLC	Ruiz-Hidalgo <i>et al.</i> , 2014
Propanil	Composta de estiércol de oveja mezclada con suelo arcilloso	NR	NR	NR	NR	T <sub>1/2</sub> =5.5	100 µg Kg <sup>-1</sup>	LC-MS <sup>2</sup> *	Fenoll <i>et al.</i> , 2014
Isoxabeno						T <sub>1/2</sub> =83.5			
Cadusafos						T <sub>1/2</sub> =60.5			
Pencicurón						T <sub>1/2</sub> =33.8			
Propanil	Composta de residuos de pino mezclada con suelo arcilloso	NR	NR	NR	NR	T <sub>1/2</sub> =2.3			
Isoxabeno						T <sub>1/2</sub> =69.3			
Cadusafos						T <sub>1/2</sub> =31.6			
Pencicurón						T <sub>1/2</sub> =37.3			
Propanil	Composta de granos de café mezclado con suelo arcilloso	NR	NR	NR	NR	T <sub>1/2</sub> =6.4			
Isoxabeno						T <sub>1/2</sub> =315.1			
Cadusafos						T <sub>1/2</sub> =100.5			
Pencicurón						T <sub>1/2</sub> =14.4			
Propanil	Corcho mezclado con suelo arcilloso	NR	NR	NR	NR	T <sub>1/2</sub> =6.8			
Isoxabeno						T <sub>1/2</sub> =110.0			
Cadusafos						T <sub>1/2</sub> =106.0			
Pencicurón						T <sub>1/2</sub> =52.1			

\*Cromatografía de líquidos con espectrometría de masas.

**Tabla 11.** Usos de residuos agroindustriales en las biobeds para el tratamiento de plaguicidas (2013).

Plaguicida(s)	Residuo agroindustrial	Lignina (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Microorganismos	Eficiencia de degradación y/o temporalidad	Concentración	Técnica analítica	Referencia
Clorpirifós	Paja, suelo y turba en las siguientes proporciones: 50:25:25	NR	NR	NR	NR	60-75%	40 mg Kg <sup>-1</sup>	HPLC	Briceño <i>et al.</i> , 2014
Diazinón	Paja, suelo arcilloso, turba y biocarbón en las siguientes proporciones: 50:25:5:20	NR	NR	NR	NR	28% en 40 días			
Diazinón	Paja, suelo trumao, turba y biocarbón en las siguientes proporciones: 50:25:10:15	NR	NR	NR	NR	70% en 40 días			
Diazinón	Paja, cáscara de avena, suelo y turba en las siguientes proporciones: 25:25:25:25	NR	NR	NR	NR	60-80%			
Atrazina	Paja, suelo y turba en las siguientes proporciones: 50:25:25	NR	NR	NR	NR	96% en 0 días 1 <sup>er</sup> dosis			
Atrazina	Paja, suelo y turba en las siguientes proporciones: 50:25:25	NR	NR	NR	NR	78% en 30 días 2 <sup>da</sup> dosis			
Atrazina	Paja, suelo y turba en las siguientes proporciones: 50:25:25	NR	NR	NR	NR	96% en 60 días 3 <sup>er</sup> dosis			
Atrazina	Paja, suelo arcilloso, turba y biocarbón en las siguientes proporciones: 50:25:5:20	NR	NR	NR	NR	38%			
Atrazina	Paja, suelo trumao, turba y biocarbón en las siguientes proporciones: 50:25:10:15	NR	NR	NR	NR	70%			
Atrazina	Paja, cáscara de cebada, suelo y turba en las siguientes proporciones: 25:25:25:25	NR	NR	NR	NR	80-95%			
Atrazina	Paja, suelo y turba en las siguientes proporciones: 50:25:25	NR	NR	NR	NR	80%			
Atrazina	Paja, suelo y turba con cascara de naranja en las siguientes proporciones: 50:25:25	NR	NR	NR	NR	90%			
Carbendazim	Paja, suelo y turba en las siguientes proporciones: 50:25:25	NR	NR	NR	NR	87-96%			
Carbendazim	Paja, suelo arcilloso, turba y biocarbón en las siguientes proporciones: 50:25:5:20	NR	NR	NR	NR	28-79%			
Carbendazim	Paja, suelo, turba y cascara de cebada en las siguientes proporciones: 25:25:25:25	NR	NR	NR	NR	75-85%			

**Tabla 12.** Usos de residuos agroindustriales en las biobeds para el tratamiento de plaguicidas (2012).

Plaguicida (s)	Residuo agroindustrial	Lignina (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Microorganismos	Eficiencia de degradación y/o temporalidad	Concentración	Técnica analítica	Referencias
Clorpirifós	Ramas de olivo mezcladas con composta	NR	NR	NR	NR	T <sub>1/2</sub> =19.5	150 mg L <sup>-1</sup>	GC-ECD	Omirou <i>et al.</i> , 2012
Deltametrin						T <sub>1/2</sub> =27.4			
Cipermetrin						T <sub>1/2</sub> =22.8			
Orto-fenilfenol						T <sub>1/2</sub> =33.0			
Tiabendazol						T <sub>1/2</sub> =57.4			
Imazalil	T <sub>1/2</sub> =48.8								
Clorpirifós	Ramas de vid mezcladas con composta					T <sub>1/2</sub> =33.5			
Deltametrin						T <sub>1/2</sub> =37.2			
Cipermetrin						T <sub>1/2</sub> =23.7			
Orto-fenilfenol						T <sub>1/2</sub> =21.1			
Tiabendazol						T <sub>1/2</sub> =28.8			
Imazalil	T <sub>1/2</sub> =15.5								
Clorpirifós	Orujo de uva con composta					T <sub>1/2</sub> =41.7			
Deltametrin						T <sub>1/2</sub> =35.9			
Cipermetrin						T <sub>1/2</sub> =36.4			
Orto-fenilfenol						T <sub>1/2</sub> =19.5			
Tiabendazol						T <sub>1/2</sub> =40.8			
Imazalil	T <sub>1/2</sub> =36.8								
Clorpirifós	Ramas de vid y semillas de uva mezcladas con composta (25% de composta)					T <sub>1/2</sub> =12.5			
Deltametrin						T <sub>1/2</sub> =22.3			
Cipermetrin		T <sub>1/2</sub> =14.8							
Orto-fenilfenol		T <sub>1/2</sub> =4.9							
Tiabendazol		T <sub>1/2</sub> =26.7							
Imazalil	T <sub>1/2</sub> =34.4								
Clorpirifós	Ramas de vid y semillas de uva mezcladas con composta (50% de composta)	T <sub>1/2</sub> =19.4							
Deltametrin		T <sub>1/2</sub> =30.1							
Cipermetrin		T <sub>1/2</sub> =18.7							
Orto-fenilfenol		T <sub>1/2</sub> =13.1							
Tiabendazol		T <sub>1/2</sub> =26.2							
Imazalil	T <sub>1/2</sub> =31.7								
Clorpirifós	Paja de trigo mezclada con suelo	T <sub>1/2</sub> =54.2							
Deltametrin		T <sub>1/2</sub> =46.5							
Cipermetrin		T <sub>1/2</sub> =63.1							
Orto-fenilfenol		T <sub>1/2</sub> =31.1							
Tiabendazol		T <sub>1/2</sub> =89.5							
Imazalil	T <sub>1/2</sub> =19.2								

**Tabla 13.** Usos de residuos agroindustriales en las biobeds para el tratamiento de plaguicidas (2011).

Plaguicida (s)	Residuo agroindustrial	Lignina %	Celulosa %	Hemicelulosa%	Microorganismos	Eficiencia de degradación y/o temporalidad	Concentración	Técnica analítica	Referencias
Linurón	Paja de trigo mezclada con suelo agrícola previamente expuesto a Linurón y turba en las siguientes proporciones: 25:50:25	NR	NR	NR	Variovorax	Linurón mineralization lag time= 9.9±0.4 días durante las primeras 2 semanas	3.18 L m <sup>-3</sup> día <sup>-1</sup>	HPLC	Sniegowski <i>et al.</i> , 2011
Linurón	Paja de trigo mezclada con suelo agrícola previamente expuesto a linurón y turba en las siguientes proporciones: 25:50:25	NR	NR	NR	Variovorax	2.6±1.4 días después de las primeras 2 semanas			
Linurón	Paja de trigo mezclada con suelo agrícola sin previa expuesto a linurón y turba en las siguientes proporciones: 25:50:25	NR	NR	NR	Variovorax	6.1±0.1 en las primeras 2 semanas			
Linurón	Paja de trigo mezclada con suelo agrícola sin previa expuesto a linurón y turba en las siguientes proporciones: 25:50:25	NR	NR	NR	Variovorax	8.9±0.9 días en la semana 12			
Bentazona	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercana al 100% en 1 año	NR	NR	Castillo <i>et al.</i> , 2011
Clopiralida	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercana al 90% en 1 año			
Cianzina	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercana al 100% en un año			
Giflutrina	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercana al 80% en un año			
Deltametrina	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercana al 50% en un año			
Diclofop	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercana al 100% en un año			
Diflufenican	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercana al 80% en un año			
Esfenvalerato	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercanas al 90% en un año			
Etofumesato	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercanas al 100% en un año			
Fenpropimorfo	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercanas al 50% en un año			
Fluroxipir	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercanas al 80% en un año			
Isoproturon	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercanas al 90% en un año			
Lambda-cihalotrina	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercanas al 60% en un año			
Linurón	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercanas al 99% en un año			
MCPA	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercanas al 100% en un año			
Mecoprop	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercanas al 100% en un año			
Metabenzazuron	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercanas al 75% en un año			
Metazaclor	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercanas al 100% en un año			
Pinniclarbo	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercanas al 75% en un año			
Propiconazola	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercanas al 97% en un año			
Terbutylazina	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercanas al 98% en un año			
Terbutrin	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercanas al 100% en un año			
Tolfluanida	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	Cercanas al 100 %			
2,4-D	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	>99% en 10 días			
Trinbenurón	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	75.2% en 10 días			
Thifensulfurón	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	98.08% en 10 días			
Metsulfurón	Paja de trigo mezclada con suelo y turba	NR	NR	NR	NR	15.37% en 10 días			
Isoproturon	Cascara de cítricos mezcladas con composta	1.4+21.8	NR	NR	NR	40% en 35 días	18.2 mg en 35 g de biomezcla, suelo y turba	LC/MSMS	Ngombe <i>et al.</i> , 2011
Bentazona	Cascara de cítricos mezclada con composta	1.4+33.4	NR	NR	NR	10% en 28 días			
Isoproturon	Cascara de cítricos mezclada con composta	1.4+33.4	NR	NR	NR	57% en 35 días	100 µg g <sup>-1</sup>	HPLC	Coppola <i>et al.</i> , 2011
Bentazona	Ramas de viña mezclada con composta	30.4	NR	NR	NR	10% en 28 días			
Isoproturon	Ramas de viña mezclada con composta	30.4	NR	NR	NR	68% en 35 días			
Bentazona	Ramas de viña mezclada con composta	30.4	NR	NR	NR	18% en 28 días			
Isoproturon	Ramas de viña mezcladas con composta	NR	NR	NR	NR	85% en 35 días			
Bentazona	Ramas de viña mezcladas con composta	NR	NR	NR	NR	80% en 28 días			
Isoproturon	Ramas de viña mezcladas con suelo y turba en las siguientes proporciones: 50:25:25	NR	NR	NR	NR	25% en 35 días			
Bentazona	Ramas de viña mezcladas con suelo y turba en las siguientes proporciones: 50:25:25	NR	NR	NR	NR	39% en 28 días			
Isoproturon	Ramas de viña mezcladas con suelo y turba en las siguientes proporciones: 25:50:25	NR	NR	NR	NR	30% en 35 días			
Bentazona	Ramas de viña mezcladas con suelo y turba en las siguientes proporciones: 25:50:25	NR	NR	NR	NR	38% en 28 días			
Isoproturon	Ramas de viña mezcladas con suelo y turba en las siguientes proporciones: 12.5:62.5:25	NR	NR	NR	NR	28% en 35 días			
Bentazona	Ramas de viña mezcladas con suelo y turba en las siguientes proporciones: 12.5:62.5:25	NR	NR	NR	NR	40% en 28 días			

±: Desviación estándar

**Tabla 14.** Usos de residuos agroindustriales en las biobeds para el tratamiento de plaguicidas (2010).

Plaguicidas (s)	Residuo agroindustrial	Lignina %	Celulosa %	Hemicelulosa %	Microorganismos	Eficiencia de degradación y/o temporalidad	Concentración	Técnica analítica	Referencias
Alfa endosulfán	Semilla de dátil con tratamiento*	NR	NR	NR	NR	93.77%	0.1 mg L <sup>-1</sup>	GC-SBSE*	Bakouri <i>et al.</i> , 2010
Beta Endosulfán						91.78%			
Endosulfán sulfato						94.77%			
Alfa endosulfán	Semilla de oliva con tratamiento*	NR	NR	NR	NR	90.22%			
Beta endosulfán						89.83%			
Endosulfán sulfato						91.70%			
Alfa endosulfán	Semillas de aguacate*	NR	NR	NR	NR	85.5%			
Beta endosulfán						84.84%			
Endosulfán sulfato						86.68%			
Alfa endosulfán	Semilla de dátil sin tratamiento	NR	NR	NR	NR	81.54%			
Beta endosulfán						79.43%			
Endosulfán sulfato						82.26%			
Alfa endosulfán	Semilla de oliva sin tratamiento	NR	NR	NR	NR	75.48%			
Beta endosulfán						74.53%			
Endosulfán sulfato						76.22%			
Alfa endosulfán	Semillas de aguacate sin tratamiento	NR	NR	NR	NR	72.04%			
Beta endosulfán						67.79%			
Endosulfán sulfato						74.38%			
Terbutilazina	Paja de trigo mezclada con composta de hojas de olivo y suelo en las siguientes proporciones: 2:1:1	17.7	NR	NR	NR	36 L Kg <sup>-1</sup>	1,000 µg mL <sup>-1</sup>	GC con detector de P y N	Karanasios <i>et al.</i> , 2010
Metribuzin						6.2 L Kg <sup>-1</sup>			
Metalaxil						14 L Kg <sup>-1</sup>			
Terbutilazina	Olote mezclado con composta de hojas de olivo y suelo en las siguientes proporciones: 2:1:1	15.2	NR	NR	NR	NR			
Metribuzin						8.4 L Kg <sup>-1</sup>			
Metalaxil						13 L Kg <sup>-1</sup>			
Terbutilazina	Residuos de girasol mezclados con composta de hojas de olivo y suelo en las siguientes proporciones: 2:1:1	9.6	NR	NR	NR	47 L Kg <sup>-1</sup>			
Metribuzin						7.4 L Kg <sup>-1</sup>			
Metalaxil						12 L Kg <sup>-1</sup>			
Terbutilazina	Ramas de vid mezcladas con composta de hojas de olivo y suelo en las siguientes proporciones: 2:1:1	18	NR	NR	NR	53 L Kg <sup>-1</sup>			
Metribuzin						15 L Kg <sup>-1</sup>			
Metalaxil						16 L Kg <sup>-1</sup>			
Terbutilazina	Cáscaras de naranja mezcladas con composta de hojas de olivo y suelo en las siguientes proporciones: 2:1:1	6.7	NR	NR	NR	140 L Kg <sup>-1</sup>			
Metribuzin						7.7 L Kg <sup>-1</sup>			
Metalaxil						9.2 L Kg <sup>-1</sup>			
Terbutilazina	Hojas de olivo mezcladas con composta de hojas de olivo y suelo en las siguientes proporciones: 2:1:1	NR	NR	NR	NR	49 L Kg <sup>-1</sup>			
Metribuzin						11 L Kg <sup>-1</sup>			
Metalaxil						11 L Kg <sup>-1</sup>			

Continuación Tabla 14

Plaguicidas (s)	Residuo agroindustrial	Lignina %	Celulosa %	Hemicelulosa %	Microorganismos	Eficiencia de degradación y/o temporalidad	Concentración	Técnica analítica	Referencias
Clorpirifós etil	Paja de trigo mezclada con arcilla del tipo motmorilonita y suelo en las siguientes proporciones: 0.07:1:0.42	NR	NR	NR	NR	>99% en 60 días	200 mg L <sup>-1</sup>	GC con detector NPD	Lemerhyeratte <i>et al.</i> , 2010
Malatión									
Dimetoato									
Metamidofós									
Clorpirifós etil	Paja de trigo mezclada con arcilla del tipo motmorilonita y suelo en las siguientes proporciones: 0.08:1:0.06	NR	NR	NR	NR				
Malatión									
Dimetoato									
Metamidofós									
Clorpirifós etil	Paja de trigo mezclada con arcilla del tipo motmorilonita y suelo en las siguientes proporciones: 0.1:1:1	NR	NR	NR	NR				
Malatión									
Dimetoato									
Metamidofós									
Clorpirifós etil	Paja de trigo mezclada con arcilla del tipo motmorilonita y suelo en las siguientes proporciones: 0.125:1:0.666	NR	NR	NR	NR				
Malatión									
Dimetoato									
Metamidofós									
Clorpirifós etil	Paja de trigo mezclada con arcilla del tipo motmorilonita y suelo en las siguientes proporciones: 0.166:1:0.428	NR	NR	NR	NR				
Malatión									
Dimetoato									
Metamidofós									
Terbutilazina	Composta obtenida a partir de residuos de algodón mezclada con suelo en las siguientes proporciones: 75:25	NR	NR	NR	NR	45% en 110 días	100 µg g <sup>-1</sup>	HPLC	Kravvariti <i>et al.</i> , 2010
Clorpirifós						20% en 80 días	50 µg g <sup>-1</sup>		
Terbutilazina	Composta obtenida a partir de residuos de algodón mezclada con suelo en las siguientes proporciones: 50:50	NR	NR	NR	NR	40% en 110 días	100 µg g <sup>-1</sup>		
Clorpirifós						40% en 80 días	50 µg g <sup>-1</sup>		
Terbutilazina	Composta obtenida a partir de residuos de algodón mezclada con suelo y paja en las siguientes proporciones: 50:25:25	NR	NR	NR	NR	45% en 110 días	100 µg g <sup>-1</sup>		
Clorpirifós						22% en 80 días	50 µg g <sup>-1</sup>		

\*CG SBSE: Cromatografía de gases con extracción por sorción sobre barra agitadora

**Tabla 15.** Porcentajes de lignina, celulosa y hemicelulosa de los residuos agroindustriales encontrados en los artículos publicados entre 2010-2020. \*  $\pm$ : No especificado, \*\* $\pm$ No especificado

Residuo agroindustrial	Lignina (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Referencia
Paja de trigo	14.4	38.7	30.0	Sevilla, 2018
Bagazo de maíz	10.1	28.3	25.0	
Residuos orgánicos de viñedos	27.1	34.1	18.9	Vecino <i>et al.</i> , 2015
Fibra de coco	41.19	26.72	17.73	Sangian <i>et al.</i> , 2015
Algas marinas	7.1	16.3	1.52	Ge <i>et al.</i> , 2011
Sisal	8.0-11.0	67-78	10-14.2	Haque <i>et al.</i> , 2015
Bagazo de fique (magüey)	7.2	41.9	12.1	García <i>et al.</i> , 2005
Salvado de trigo	2.2-9.0	6.5-9.9	20.8-33.0	Chaquilla <i>et al.</i> , 2018
Pino	25.9	41.7	23.1	Rodríguez <i>et al.</i> , 2017
Corcho	19-25	9-12	10-15	Pereira, 2017
Alfalfa	7.0-8.0	25	10	FEDNA, 2021
Cáscara de arroz	9-20	28-36	12	Vargas <i>et al.</i> , 2013
Aserrín de pino	20.6 $\pm$ 0.6*	54.3 $\pm$ 4*	NR	Diez-Jerez <i>et al.</i> , 2013
Cáscara de cebada	2.4 $\pm$ 0.2*	9.6 $\pm$ 0.5*	NR	
Cáscara de café	15.93	36.7	47.37	Arias-Ortiz & Cruz-Meneses, 2016
Cáscara de naranja	2.81	9.93	26.45	Álvarez-Rodríguez <i>et al.</i> , 2012
Raspón de vid	42.5 $\pm$ 0.3**	34.82	10.77	
Orujo de uva	47 $\pm$ 2**	25.64	20.13	
Poda de olivo	32 $\pm$ 1**	67.4 $\pm$ 0.4**	14.2 $\pm$ 0.7**	
Semilla de oliva	34.7 $\pm$ 0.5**	55 $\pm$ 10**	34 $\pm$ 10**	



La lignina, celulosa y hemicelulosa son los principales polímeros que conforman las plantas. La lignina es un polímero de origen natural, amorfo, tridimensional de estructura compleja que presenta variaciones en función de la biomasa y los procesos utilizados para su extracción. La lignina posee una gran rigidez debido a que está constituida por unidades orgánicas aromáticas, asimismo la lignina actúa como un adhesivo que une a la celulosa y a la hemicelulosa dotando a las plantas de su integridad estructural, además confiere a las plantas resistencia contra el ataque microbiano y el estrés oxidativo. Al ser una molécula ópticamente inactiva e insoluble en agua, la lignina es una de las sustancias naturales más difíciles de degradar (Lecea & Manzano, 2021).

La celulosa es la biomolécula más abundante en la naturaleza, esta sustancia es un polisacárido compuesto exclusivamente por moléculas de glucosa unidas a través de puentes de hidrógeno, se forma por la interacción de varias moléculas de  $\beta$ -glucosa a través de enlaces  $\beta$ -1,4-O-glucosídico, se trata de una larga cadena polimérica de peso molecular variable cuya fórmula empírica es  $(C_6H_{10}O_5)_n$  donde n tiene un valor mínimo de 200 (Concepto: De, 2021). La estructura de la celulosa cuenta con múltiples puentes de hidrógeno establecidos entre los grupos hidroxilos de distintas cadenas yuxtapuestas de glucosa, tal ordenamiento otorga al compuesto la propiedad de ser insoluble en agua y muy resistente. Debido a sus características de insolubilidad y resistencia, la pared celular de las células vegetales se encuentra formada por fibras compactas de celulosa. (Enciclopedia Química, 2021a).

El término hemicelulosa es utilizado para referirse a un grupo diverso de polisacáridos presentes en las paredes celulares de un gran número de plantas, consiste en una estructura compleja de carbohidratos conformada por polímeros de diferentes azúcares pertenecientes al grupo de las pentosas, de las hexosas y a los ácidos del azúcar (Parada, 2021). La hemicelulosa tiene la capacidad de asociarse de manera no covalente con la celulosa y cumple con funciones importantes en la estructura de diversos organismos vegetales, por ejemplo: forma parte de las paredes de las diferentes células de los tejidos de las plantas (Trejo-Márquez *et al.*, 2016). La hemicelulosa se caracteriza por ser una molécula con ramificaciones, capaz de unirse con otras moléculas por medio de enlaces que constituyen la pared rígida que protege a la célula de la presión ejercida por el resto de las células que la rodean, también recubre la superficie de las fibras de celulosa presentes en las plantas (Enciclopedia Química, 2021b).

Como resultado de la revisión se identificaron 24 residuos agroindustriales que han sido utilizados como componentes de biobeds, el residuo agroindustrial que más ha sido utilizado en la biomezcla de las biobeds es la paja de trigo siendo mencionado en 27 artículos de investigación. En dichos artículos se introducen diversas variables como son: la variación de la proporción de paja de trigo en la biomezcla, la adición de diferentes tipos de suelo a la biomezcla, variación en el tipo de composta utilizado y la adición de nuevos componentes a la biomezcla como son: biocarbón, minerales, microorganismos y otros residuos agroindustriales para acompañar a la paja de trigo.

Para el caso de biobeds cuya biomezcla incluye paja de trigo, se reportan eficiencias de degradación mayores al 90% en 15 días (Góngora-Echeverría *et al.*, 2020) y valores de  $DT_{50} = 2.7$  días (Papazlatani *et al.*, 2019), a tal valor se le asigna la clasificación de fácilmente degradable de acuerdo a la categorización de la FAO para determinar la persistencia de plaguicidas en el ambiente, la cual asigna el calificativo de fácilmente degradable a aquellos plaguicidas que presenten un  $DT_{50}$  menor a 20 (FAO, 2016). La paja de trigo contiene aproximadamente un 14% de lignina, tal porcentaje repercute favorablemente en el desarrollo de la comunidad de microorganismos encargados de la degradación de plaguicidas.

Por otro lado, los residuos del maíz contienen aproximadamente un 10% de lignina y se reportan resultados de degradación superiores al 99% para diversos tipos de plaguicidas (Góngora-Echeverría *et al.*, 2018). Además, se reportan eficiencias de degradación superiores al 98% en las biobeds que utilizaron residuos agroindustriales procedentes del cultivo de arroz (Kumari *et al.*, 2019). El porcentaje de lignina contenido en la cáscara de arroz oscila entre un 9 y 20%. Así que tomando en cuenta la evidencia anterior se deduce que los residuos agroindustriales que dentro de su composición contenga más del 9% de lignina puede ser utilizado en las biobeds y generara las condiciones adecuadas para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos involucrados en la degradación de los plaguicidas.

En la presente revisión se encontraron 11 trabajos de investigación en los que se mencionan la participación de bacterias en las biobeds. Los microorganismos más estudiados en la literatura científica son las bacterias del filo *Actinobacteria* siendo mencionadas por dos autores, asimismo se estudia en la literatura científica a bacterias de los géneros *Pseudomonas* ssp. y *Achromobacter* spp., siendo mencionadas en 3 y 2 trabajos de investigación respectivamente. Por otra parte, en algunos

estudios se ha añadido un tipo de bacteria en específico, por ejemplo la bacteria *Bortadella petri* (Odukkathil & Vasudevan, 2020) que de otra manera no se desarrollaría naturalmente en la biobed, esto con la finalidad de determinar si la adición del microorganismo ejerce una modificación en el desempeño de la biobed. También, existen estudios en donde se monitorea el comportamiento de algún tipo de bacteria cuya presencia se da de manera natural en la biobed por ejemplo el caso de la bacteria *Pseudomonas nitroreducens* para determinar el rol que funge dentro del proceso de degradación (Góngora-Echeverría *et al.*, 2020).

En general se observa que las bacterias pueden coadyuvar en la degradación, sin embargo, la mayoría de estos estudios han sido realizados a escala de laboratorio bajo condiciones ideales para el desarrollo de las bacterias, por lo que, hace falta considerar otras variables como son: variaciones de pH, humedad, temperatura y monitorear el crecimiento de las bacterias en condiciones de competencia con otros microorganismos que pueden encontrarse en una situación de campo (silvestre), esto con la finalidad de obtener un pronóstico más acertado del comportamiento de los microorganismos en condiciones reales. No obstante, los métodos de laboratorio sólo pueden aislar del 1% al 10% de los microorganismos que crecen en el suelo, por lo que quedan sin identificar algunas bacterias, hongos, y consorcios microbianos que pudieron estar presentes en los procesos de degradación (Hernández-Ruiz *et al.*, 2017).

En la presente revisión bibliográfica se encontraron más de 20 plaguicidas cuya persistencia ha sido sometida a pruebas en las biobeds, los plaguicidas más estudiados son: la atrazina, el clorpirifós y el carbofurano siendo mencionados en 36, 21 y 18 estudios de caso respectivamente, dichas evaluaciones introducen diversas variables como son: variaciones en la proporción del residuo agroindustrial utilizado en la biomezcla, diferentes tipos de composta utilizados en los experimento, diversos tipos de suelo en las pruebas y el agregar nuevos componentes a la biomezcla como son: minerales, sustancias con propiedades absorbentes como el biocarbón, microorganismos y la mezcla de uno o más residuos agroindustriales para enriquecer la biomezcla y apoyar al residuo agroindustrial principal.

Los cinco cultivos principales producidos en México son: el maíz, el trigo, el sorgo, el arroz y el café (SAGARPA, 2015a) esta clasificación se da en función de las cantidades del cultivo producidas y su importancia socioeconómica. En la tabla 16 se muestran los porcentajes de lignina, celulosa y

hemicelulosa de los residuos agroindustriales generados por los principales cultivos producidos en México.

**Tabla 16.** Porcentajes de lignina, celulosa y hemicelulosa de los principales residuos agroindustriales generados en México.

<b>Residuo agroindustrial</b>	<b>Lignina (%)</b>	<b>Celulosa (%)</b>	<b>Hemicelulosa (%)</b>	<b>Referencia</b>
Bagazo de maíz	10.1	28.3	25.0	Sevilla 2018
Paja de trigo	14.4	38.7	30.0	
Bagazo de sorgo	18-20	34-44	25-27	Chuck-Hernández <i>et al.</i> , 2011
Cáscara de arroz	9-20	28-36	12	Vargas <i>et al.</i> , 2013
Cáscara de café	15.93	36.7	47.37	Arias-Ortiz & Cruz-Meneses, 2016

De acuerdo con información publicada en el documento denominado: Plan de manejo de residuos generados en actividades agrícolas (SAGARPA, 2015a), se procedió a identificar cuál es la cantidad producida de estos cultivos en cada estado de la República Mexicana y calcular la cantidad total de residuos agroindustriales generada por cada uno de estos cinco cultivos. Los resultados se muestran en las tablas 17-21.

**Tabla 17.** Generación de residuos de café por Estado

<b>Estado</b>	<b>Superficie cultivada (ha)</b>	<b>Producción (Toneladas)</b>	<b>Residuos de café, coeficiente media (Toneladas)</b>
Aguascalientes	0	0	0
Baja California	0	0	0
Baja California Sur	0	0	0
Campeche	0	0	0
Coahuila	0	0	0
Colima	2,373	2,744.2	1,770.0
Chiapas	254,020.8	402,099.8	259,354.4
Chihuahua	0	0	0
CdMx	0	0	0
Durango	0	0	0
Guanajuato	0	0	0
Guerrero	45,507.5	48,921.9	31,554.6
Hidalgo	24,749	35,229	22,722.7
Jalisco	3,564.3	5,399.8	3,482.9
México	474.0	427.4	275.7
Michoacán	16	60	38.7
Morelos	52	94.3	60.8
Nayarit	17,739.0	24,634.9	15,889.5
Nuevo León	0	0	0
Oaxaca	138,422.6	129,781.2	83,708.9
Puebla	56,145.7	148,900.5	96,040.8
Querétaro	270	135	87.1
Quintana Roo	0	0	0
San Luis Potosí	16,420.4	130,52	8,418.5
Sinaloa	0	0	0
Sonora	0	0	0
Tabasco	1,040.2	848.7	547.4
Tamaulipas	0	0	0
Tlaxcala	0	0	0
Veracruz	138,512.8	353,697.2	228,134.7
Yucatán	0	0	0
Zacatecas	0	0	0
<b>Total</b>	<b>699,307.3</b>	<b>1,166,025.9</b>	<b>752,086.7</b>

**Tabla 18.** Generación de residuos de frijol por Estado.

Estado	Superficie cultivada (ha)	Producción (Toneladas)	Residuos de frijol, coeficiente media (Toneladas)
Aguascalientes	8,494	5,399.8	8,369.6
Baja California	10.5	15.8	24.4
Baja California Sur	1,926.5	2,494.0	3,865.7
Campeche	2,983.5	1,974.4	3,060.3
Coahuila	4,572.5	2,737.3	4,242.8
Colima	30	44.5	69.0
Chiapas	11,4605	61,412.0	95,188.7
Chihuahua	123,998.8	124,805.0	193,447.6
CdMx	104.2	93.9	145.5
Durango	266,247.3	192,157.8	297,844.5
Guanajuato	79,897.8	57,023.8	88,386.9
Guerrero	15,835.7	12,387.9	19,201.3
Hidalgo	35,681.7	25,219.1	39,089.6
Jalisco	14,671.1	10,220.9	15,842.4
México	9,588.2	8,776.1	13,602.9
Michoacán	6,394.5	7,701.7	11,937.7
Morelos	1,307.7	1,455.3	2,255.7
Nayarit	53,165.1	54,917.4	85,122.0
Nuevo León	2,626	2,509	3,889.0
Oaxaca	41,550.8	27,873.9	43,204.6
Puebla	51,631.7	43,075.7	66,767.3
Querétaro	11,875	8,676.9	13,449.2
Quintana Roo	2,127	1,270.2	1,968.7
San Luis Potosí	114,322.4	59,818.5	92,718.6
Sinaloa	120,721.4	161,520.5	250,356.7
Sonora	7,599.5	11,931.1	18,493.1
Tabasco	3,708.5	1,859.02	2,881.5
Tamaulipas	2,572.6	2,192.3	3,398.1
Tlaxcala	5,231	4,597.4	7,126.00
Veracruz	35,647	24,077.1	37,319.5
Yucatán	851.7	1,211.6	1,878.0
Zacatecas	541,822.0	357,055.9	553,436.7
<b>Total</b>	<b>1,681,800.7</b>	<b>1,276,505.8</b>	<b>1,978,583.6</b>

**Tabla 19.** Generación de residuos de maíz por Estado.

Estado	Superficie cultivada (ha)	Producción (Toneladas)	Residuos de maíz, coeficiente media (Toneladas)
Aguascalientes	93,854	1,358,041.2	1,188,286.1
Baja California	693	26,706.8	23,368.4
Baja California Sur	5,611	35,302.1	30,889.3
Campeche	178,458.4	420,551.2	367,982.3
Coahuila	49,505.4	860,401.7	75,2851.5
Colima	13,052	76,684.8	67,099.2
Chiapas	664,451.7	1,188,399.9	1,039,849.9
Chihuahua	277,983.8	2,319,376.6	2,029,454.6
CdMx	4,182	9,804.2	8,578.6
Durango	232,177.9	2,199,590.3	1,924,641.5
Guanajuato	377,761.6	1,750,162.6	1,531,392.3
Guerrero	464,643.7	1,345,746.9	1,177,528.5
Hidalgo	255,753.2	777,590.00	680,391.2
Jalisco	726,445.9	7,703,095.9	6,740,208.9
México	542,400.8	3,019,795.1	2,642,320.7
Michoacán	466,010.5	1,935,286.7	1,693,375.9
Morelos	26,215.5	84,151.9	73,632.9
Nayarit	53,303.2	424,040.4	371,035.3
Nuevo León	77,062.5	249,516.6	218,327.0
Oaxaca	542,786.6	669,736.4	586,019.4
Puebla	531,190.8	1,158,103.9	1,013,340.9
Querétaro	115,108	1,004,347.8	878,804.4
Quintana Roo	54,351	49,417.5	43,240.3
San Luis Potosí	194,209.6	213,786.3	187,063.0
Sinaloa	381,355.8	3,686,587.0	3,225,763.6
Sonora	23,286.0	147,278.8	128,869.0
Tabasco	71,266.5	129,607.8	113,406.8
Tamaulipas	107,704.1	529,414.4	463,237.6
Tlaxcala	122,364	661,354.0	578,684.8
Veracruz	570,081.5	1,286,374.9	112,5578
Yucatán	120,919.6	107,199	93,799.1
Zacatecas	277,502.5	1,678,973.6	1,469,101.9
<b>Total</b>	<b>7,621,692.1</b>	<b>37,106,426.3</b>	<b>32,468,122.9</b>

**Tabla 20.** Generación de residuos de sorgo por Estado.

Estado	Superficie cultivada (ha)	Producción (Toneladas)	Residuos de sorgo, coeficiente media (Toneladas)
Aguascalientes	1,082	24,548.5	16,570.3
Baja California	6078	179,976.3	121,484.0
Baja California Sur	811.5	10,769.1	7,269.1
Campeche	16,776	51,913.1	35,041.3
Coahuila	36,988.3	1,074,797.7	725,488.4
Colima	2,865.5	39,282.9	26,516.0
Chiapas	14,259.5	47,484.0	32,051.7
Chihuahua	54,710.7	675,135.9	455,716.7
CdMx	0	0	0
Durango	30,311.0	908,423.5	613,185.9
Guanajuato	260,395	1,524,811.3	1,029,247.6
Guerrero	22,900.1	229,285.3	154,767.6
Hidalgo	123	1,018.8	687.7
Jalisco	57,625.6	531,550.3	358,796.4
México	345.7	5,631.8	3,801.5
Michoacán	136,130.9	1,001,880.3	676,269.2
Morelos	42,878.4	201,030.9	135,695.9
Nayarit	68,197.2	360,290.3	243,196.0
Nuevo León	31,077.1	171,720.0	115,911.0
Oaxaca	21,207	68,945.7	46,538.3
Puebla	25,047	101,175.9	68,293.7
Querétaro	3,737	41,008.1	27,680.4
Quintana Roo	3,756	12,098.1	8,166.2
San Luis Potosí	47,349.5	114,062.0	76,991.9
Sinaloa	330,756.8	1,457,588.2	983,872.0
Sonora	47,991	416,948.9	281,440.5
Tabasco	4,095	13,821.7	9,329.7
Tamaulipas	947,837.5	3,396,105.1	2,292,370.9
Tlaxcala	0	0	0
Veracruz	22,775.3	131,365.5	88,671.7
Yucatán	988	9,299.4	6,277.1
Zacatecas	3,260	51,442.5	34,723.7
<b>Total</b>	<b>2,242,355.6</b>	<b>12,853,411.1</b>	<b>8,676,052.4</b>



**Tabla 21.** Generación de residuos de trigo por Estado.

Estado	Superficie cultivada (ha)	Producción (Toneladas)	Residuos de trigo, coeficiente media (Toneladas)
Aguascalientes	5	170	225.3
Baja California	81,686	520,299.6	689,396.9
Baja California Sur	5,021.5	23,405.0	31,011.6
Campeche	0	0	0
Coahuila	8,437.1	34,099.3	45,181.5
Colima	0	0	0
Chiapas	100	96.0	127.1
Chihuahua	28,484.4	201,480.4	266,961.5
CdMx	0	0	0
Durango	4,963.5	16,994	22,517.1
Guanajuato	55,132.8	285,549.1	378,352.6
Guerrero	0	0	0
Hidalgo	1,720.5	3,538.0	4,687.9
Jalisco	23,702.9	137,450.8	182,122.3
México	9,272	20,824.3	27,592.2
Michoacán	30,903.0	15,497.6	205,343.2
Morelos	367	1,502.1	1,990.3
Nayarit	0	0	0
Nuevo León	24,841.7	83,730.5	110,942.9
Oaxaca	13,162.2	13,093.2	17,348.4
Puebla	3,819.2	7,453.6	9,876.0
Querétaro	517	1,448.0	1,917.9
Quintana Roo	0	0	0
San Luis Potosí	487	493.6	654.0
Sinaloa	62,542.4	279,062.8	369,758.3
Sonora	303,447.6	1,828,768.4	2,423,118.1
Tabasco	0	0	0
Tamaulipas	895	3,010	3,988.3
Tlaxcala	33,389	86,881.0	115,116.7
Veracruz	951	1,960.8	2,598.0
Yucatán	0	0	0
Zacatecas	17,946	42,449.1	56,245.0
<b>Total</b>	<b>711,793.8</b>	<b>3,748,735.6</b>	<b>4,967,073.1</b>

## CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

En la presente revisión bibliográfica se identificaron 24 residuos agroindustriales utilizados a nivel internacional para la generación de biobeds. También se identificaron 11 tipos de microorganismos cuya presencia en las biobeds ha sido estudiada por la literatura científica. Los microorganismos más estudiados por la literatura son las bacterias pertenecientes a los géneros *Pseudomonas* spp. y *Achromobacter* spp., así como aquellas pertenecientes al filo y la clase de las *Actinobacterias*. En general, se observa que las bacterias tienen participación en los procesos de degradación y su adición en algunos casos mejora el desempeño del proceso.

En función de la cantidad de residuos agroindustriales generados por los principales cultivos producidos en México, así como los valores de eficiencia de degradación y vida media de los plaguicidas reportados en la literatura científica analizada en el presente trabajo, se propone la utilización de residuos de maíz y trigo para ser utilizados como material lignocelulósico que forma parte de la biomezcla en las biobeds. El maíz y el trigo son dos de los cinco principales cultivos producidos en México, esto en función de su importancia socioeconómica y las cantidades cultivadas de estos cereales, además los residuos de dichos cultivos utilizados como componentes de biobeds en los estudios analizados reportan altos valores de eficiencia de degradación superiores al 80% en diversas investigaciones, asimismo, su utilización en biobeds arroja como resultado la disminución de la vida media de los plaguicidas con valores de  $DT_{50} \leq 30$  en múltiples casos de estudio. Cabe resaltar que en los estados en donde no se produzcan estos dos cereales es posible utilizar los residuos de los cultivos que produzcan, siempre y cuando cumplan con alguno de los siguientes criterios: contener un porcentaje de lignina igual o mayor al 9%, contener un porcentaje de celulosa igual o mayor al 28% o bien contener un porcentaje de hemicelulosa de al menos el 12%. Tomando en cuenta la gran cantidad de residuos agroindustriales generados en el país además de considerar la versatilidad, sencillez y buenos resultados de las biobeds como estrategia para la mitigación de los efectos nocivos ocasionados por la contaminación puntual por plaguicidas, se concluye que es factible la implementación de las biobeds en el territorio nacional. La implementación de las biobeds en el campo mexicano ayudará a disminuir los efectos adversos en el ambiente que repercuten en la salud humana derivados por las prácticas inadecuadas en la preparación y manipulación de los plaguicidas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Sánchez, A., Soto-Garita, C., Masís-Mora, M., Cambronero-Heinrichs, J. C., & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2020). Impaired pesticide removal and detoxification by biomixtures during the simulated pesticide application cycle of a tropical agricultural system. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *195*(1), 110460.
- Álvarez Rodríguez, A., Pizarro García, C., & Folgueras Díaz, M.-B. (2012). Caracterización química de biomasa y su relación con el poder calorífico. *Repositorio Institucional de La Universidad de Oviedo*, 1–12.
- Angulo, E. (2017). *La biología estupenda. Cuaderno de cultura científica*. Historias de La Malaria: Paul Müller, El DDT y Rachel Carson. <https://culturacientifica.com/2017/12/04/historias-la-malaria-paul-muller-ddt-rachel-carson/>
- Arellano-Aguilar, O., & Rendón von Osten, J. (2016). La huella de los plaguicidas en México. *Greenpeace*, *1*, 21.  
[http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/Graficos/2016/comida-sana/Plaguicidas\\_en\\_agua\\_ok\\_EM.pdf](http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/Graficos/2016/comida-sana/Plaguicidas_en_agua_ok_EM.pdf)
- Arias, R. A. O., & Cruz, J. D. M. (2016). *Caracterización residuos agroindustriales ( cascarilla de arroz y cascarilla de café ), como materia prima potencial para la obtención de bioetanol*. 122.  
<http://repositorio.unan.edu.ni/3793/1/53860.pdf>
- Barragán-Huerta, B. E., Téllez-Díaz, Y. A., & Laguna Trinidad, A. (2008). Utilización de residuos agroindustriales. *Rev. Sistemas Ambientales*, *2*(8), 44–50.
- Bernal-Hernández, Y. Y., & Medina-Díaz, I. M. (2014). Paraoxonase 1 and Its Relationship With Pesticide Biomarkers in Indigenous Mexican Farmworkers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, *56*(3), 281–290.
- Botella, C., Ory, I. De, Webb, C., Cantero, D., & Blandino, A. (2005). *Hydrolytic enzyme production by Aspergillus awamori on grape pomace*. *26*(2–3), 100–106.
- Briceño, G., Lamilla, C., Leiva, B., Levio, M., Donoso-Piñol, P., Schalchli, H., Gallardo, F., & Diez, M. C. (2020). Pesticide-Tolerant bacteria isolated from a biopurification system to remove commonly used pesticides to protect water resources. *PLOS ONE*, *15*(6), 1–20.
- Briceño, G., Tortella, G., Rubilar, O., Palma, G., & Diez, M. C. (2014). Advances in Chile for the treatment of pesticide residues: Biobeds technology. In *Bioremediation in Latin America: Current Research and Perspectives* (pp. 1–308). Springer, Cham.

- Briceño, G., Vergara, K., Schalchli, H., Palma, G., Tortella, G., Fuentes, M. S., & Diez, M. C. (2018). Organophosphorus pesticide mixture removal from environmental matrices by a soil *Streptomyces* mixed culture. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(22), 21296–21307.
- Cabrera Rodríguez, E., Fernández León, V., Pérez Montano, A. de la C., & Ramírez Dopico, D. (2016). Caracterización de residuos agroindustriales con vistas a su aprovechamiento. *Revista Centro Azúcar*, 43, 27–35.
- Castillo, M., Torstensson, L., & Stenstrom, J. (2008). Camas Biológicas – Biotecnología para la preservación del medio ambiente de la contaminación por Pesticidas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56.
- Castro-Gutiérrez, V., Masís-Mora, M., Carazo-Rojas, E., Mora-López, M., & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2018). Impact of oxytetracycline and bacterial bioaugmentation on the efficiency and microbial community structure of a pesticide-degrading biomixture. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(12), 11787–11799.
- Castro-Gutiérrez, V., Masís-Mora, M., Carazo-Rojas, E., Mora-López, M., & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2019). Fungal and Bacterial Co-Bioaugmentation of a Pesticide-Degrading Biomixture: Pesticide Removal and Community Structure Variations during Different Treatments. *Water, Air, and Soil Pollution*, 230(10).
- Cessna, A. J., Knight, J. D., Ngombe, D., & Wolf, T. M. (2017). Effect of temperature on the dissipation of seven herbicides in a biobed matrix. *Canadian Journal of Soil Science*, 97(4), 717–731.
- Chaquilla, G., Balandrán, R., Mendoza, A., & Mercado, J. (2018). Propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo Properties and application possibilities of wheat bran proteins. *Biotecnología y Ciencias Agropecuarias*, 12(2), 137–147.
- Chin-Pampillo, J. S., Ruiz-Hidalgo, K., Masís-Mora, M., Carazo-Rojas, E., & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2015). Design of an optimized biomixture for the degradation of carbofuran based on pesticide removal and toxicity reduction of the matrix. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(23), 19184–19193.
- Chu, B., & Eivazi, F. (2018). Enhanced Dissipation of Selected Herbicides in a Simulated Organic Matrix Biobed: A System to Control On-Farm Point-Source Pollution. *Journal of Environmental Quality*, 47(2), 221–227.
- Chu, B., & Eivazi, F. (2015). Enhancing Biodegradation of Herbicides using Biobed Systems. *Journal of Environmental Indicators*, 6, 32–33.

- Chuck-Hernández, C., Pérez-Carrillo, E., & Serna-Saldivar, S. O. (2011). Sorgo como un cultivo multifacético para la producción de bioetanol en México: tecnologías, avances y áreas de oportunidad. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 10(3), 529–549.
- Cooper, R. J., Fitt, P., Hiscock, K. M., Lovett, A. A., Gumm, L., Dugdale, S. J., Rambohul, J., Williamson, A., Noble, L., Beamish, J., & Hovesen, P. (2016). Assessing the effectiveness of a three-stage on-farm biobed in treating pesticide contaminated wastewater. *Journal of Environmental Management*, 181, 874–882.
- Coppola, L., Pilar Castillo, M. del, & Vischetti, C. (2011). Degradation of isoproturon and bentazone in peat- and compost-based biomixtures. *Pest Management Science*, 67(1), 107–113.
- del Puerto Rodríguez, A. M., Suárez Tamayo, S., & Palacio Estrada, D. E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 372–387.
- Delgado-Moreno, L., Nogales, R., & Romero, E. (2017). Biodegradation of high doses of commercial pesticide products in pilot-scale biobeds using olive-oil agroindustry wastes. *Journal of Environmental Management*, 204, 160–169.
- Diez Jerez, M. C., Graciela, P. C., Altamirano Quijada, G., & Briceño Muñoz, G. (2013). *MANUAL de CONSTRUCCIÓN y OPERACIÓN de LECHOS BIOLÓGICOS* (Primera ed). Universidad la Frontera.  
<https://lechosbiologicos.files.wordpress.com/2013/08/manual.pdf>
- Diez, M. C., Elgueta, S., Rubilar, O., Tortella, G. R., Schalchli, H., Bornhardt, C., & Gallardo, F. (2017). Pesticide dissipation and microbial community changes in a biopurification system: influence of the rhizosphere. *Biodegradation*, 28(5–6), 395–412.
- Diez, M. C., Leiva, B., & Gallardo, F. (2018). Novel insights in biopurification system for dissipation of a pesticide mixture in repeated applications. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(22), 21440–21450.
- El Bakouri, H., Morillo, J., Usero, J., Vanderlinden, E., & Vidal, H. (2010). Effectiveness of acid-treated agricultural stones used in biopurification systems to avoid pesticide contamination of water resources caused by direct losses: Part I. Equilibrium experiments and kinetics. *Bioresource Technology*, 101(14), 5084–5091.
- Elgueta, S., Correa, A., Campo, M., Gallardo, F., Karpouzias, D., & Diez, M. C. (2017). Atrazine, chlorpyrifos, and iprodione effect on the biodiversity of bacteria, actinomycetes, and fungi in a pilot biopurification system with a green cover. *Journal of Environmental Science and Health -*

- Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 52(9), 651–657.
- Enciclopedia Química*. (2021a). <https://www.quimica.es/enciclopedia/Celulosa.html>
- Enciclopedia Química*. (2021b). <https://www.quimica.es/enciclopedia/Hemicelulosa.html>
- Equipo editorial etecé. (2021). *Celulosa*. Concepto.De. <https://concepto.de/celulosa/>
- FAO. (2013). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Prevención y eliminación de Plaguicidas Obsoletos*.  
<http://www.fao.org/agriculture/crops/obsoletepesticides/%0Awhy-problem/pesticide-bans/es>
- FAO. (2016). *Biobed Un lecho biológico para minimizar la contaminación puntual por plaguicidas*. 15888s/1/07.16.
- FEDNA. (2021). Fundación Española Para El Desarrollo de La Nutrición Animal.  
[http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/alfalfa-en-rama](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/alfalfa-en-rama)
- Fenoll, J., Garrido, I., Hellín, P., Flores, P., Vela, N., & Navarro, S. (2014). Use of different organic wastes in reducing the potential leaching of propanil, isoxaben, cadusafos and pencyuron through the soil. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 49(8), 601–608.
- Gao, W., Liang, J., Pizzul, L., Feng, X. M., Zhang, K., & Castillo, M. del P. (2015). Evaluation of spent mushroom substrate as substitute of peat in Chinese biobeds. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 98, 107–112.
- García, Y. ., Reynoso, O. ., & Arellano, J. . (2005). Potencial del bagazo de Agave tequilero para la producción de biopolímeros y carbohidrasas por bacterias celulolíticas y para la obtención de compuestos fenólicos. *EGnosis*, 3, 18.
- Ge, L., Wang, P., & Mou, H. (2011). Study on saccharification techniques of seaweed wastes for the transformation of ethanol. *Renewable Energy*, 36(1), 84–89.
- Góngora-Echeverría, V. R., García-Escalante, R., Rojas-Herrera, R., Giácoman-Vallejos, G., & Ponce-Caballero, C. (2020). Pesticide bioremediation in liquid media using a microbial consortium and bacteria-pure strains isolated from a biomixture used in agricultural areas. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 200(1), 110734.
- Góngora-Echeverría, V. R., Quintal-Franco, C., Arena-Ortiz, M. L., Giácoman-Vallejos, G., & Ponce-Caballero, C. (2018). Identification of microbial species present in a pesticide dissipation process in biobed systems using typical substrates from southeastern Mexico as a biomixture at a laboratory scale. *Science of the Total Environment*, 628, 528–538.

- Guerra, P. O. R. V. (2020). Camas biológicas : una herramienta versátil y proactiva para el uso adecuado de fitosanitarios. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 46(2), 140–144.
- Haque, R., Saxena, M., Shit, S. C., & Asokan, P. (2015). Fibre-matrix Adhesion and Properties Evaluation of Sisal Polymer Composite. *Fibers and Polymers*, 16(1), 146–152.
- Hernández-Ruiz, G. M., Álvarez-orozco, N. A., & Ríos-osorio, L. A. (2017). *Biorremediación de organofosforados por hongos y bacterias en suelos agrícolas : revisión sistemática*. 18(1), 139–159.
- Huete-Soto, A., Masís-Mora, M., Lizano-Fallas, V., Chin-Pampillo, J. S., Carazo-Rojas, E., & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2017). Simultaneous removal of structurally different pesticides in a biomixture: Detoxification and effect of oxytetracycline. *Chemosphere*, 169, 558–567.
- Karas, P., Metsoviti, A., Zisis, V., Ehaliotis, C., Omirou, M., Papadopoulou, E. S., Menkissoglou-Spiroudi, U., Manta, S., Komiotis, D., & Karpouzas, D. G. (2015). Dissipation, metabolism and sorption of pesticides used in fruit-packaging plants: Towards an optimized depuration of their pesticide-contaminated agro-industrial effluents. *Science of the Total Environment*, 530–531, 129–139.
- Kravvariti, K., Tsiropoulos, N. G., & Karpouzas, D. G. (2010). Degradation and adsorption of terbuthylazine and chlorpyrifos in biobed biomixtures from composted cotton crop residues. *Pest Management Science*, 66(10), 1122–1128.
- Kumari, A., Singh, N., & Ramakrishnan, B. (2019). Parameters affecting azoxystrobin and imidacloprid degradation in biobed substrates in the North Indian tropical environment. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 54(10), 843–857.
- Lecea, R. M., & Manzano, G. J. (2021). *Abengoa*. Estructura y Función de La Lignina. <http://www.laenergiadelcambio.com/estructura-funcion-lignina/>
- Lemerhyeratte, A., Zougagh, M., El Mouden, O. I. D., Salghi, J. R., Bazzi, L., Hormatallah, A., & Zine, S. (2010). Biobed system to reduce four pesticide organophosphorus point contamination at farm level. *Oriental Journal of Chemistry*, 26(1), 15–22.
- León-Martínez, T. S., Dopico-Ramírez, D., & Triana-Hernández, O. (2013). Paja de la caña de azúcar. Sus usos en la actualidad. *ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 47(2), 13–22.
- Lescano, M. R., Masin, C. E., Rodríguez, A. R., Godoy, J. L., & Zalazar, C. S. (2020). Earthworms to improve glyphosate degradation in biobeds. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(21), 27023–27031.

- Lescano, M. R., Pizzul, L., Castillo, M. D. P., & Zalazar, C. S. (2018). Glyphosate and aminomethylphosphonic acid degradation in biomixtures based on alfalfa straw, wheat stubble and river waste. *Journal of Environmental Management*, 228(8), 451–457.
- Lizano-Fallas, V., Masís-Mora, M., Espinoza-Villalobos, D., Lizano-Brenes, M., & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2017). Removal of pesticides and ecotoxicological changes during the simultaneous treatment of triazines and chlorpyrifos in biomixtures. *Chemosphere*, 182, 106–113.
- López-Barillas, A. C. (2016). *Propuesta de tratamiento de aguas residuales de lavado de equipo agronómico utilizando biofiltros: Vol. X*. Universidad Rafael Landívar.
- Masís-Mora, M., Lizano-Fallas, V., Tortella, G., Beita-Sandí, W., & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2019). Removal of triazines, triazoles and organophosphates in biomixtures and application of a biopurification system for the treatment of laboratory wastewaters. *Chemosphere*, 233, 733–743.
- Mejías-Brizuela, N., Orozco-Guillen, E., & Galaán-Hernández, N. (2016). Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(6), 27–41.
- Ngombe, D. L., Wolf, T. M., Knight, J. D., Caldwell, B. C., Cessna, A. J., & Farrell, R. E. (2011). *Degradation of Pesticides in Biobeds*.
- Odukkathil, G., & Vasudevan, N. (2020). Bacteria amended clay biochar composite biobed system to treat agriculture runoff. *Journal of Environmental Management*, 269(5), 110694.
- Omirou, M., Dalías, P., Costa, C., Papastefanou, C., Dados, A., Ehaliotis, C., & Karpouzas, D. G. (2012). Exploring the potential of biobeds for the depuration of pesticide-contaminated wastewaters from the citrus production chain: Laboratory, column and field studies. *Environmental Pollution*, 166, 31–39.
- Ortíz, I., Avila-Chávez, M. A., & Torres, L. G. (2014). Plaguicidas en México: usos, riesgos y marco regulatorio. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 5(2), 26–46.
- Papazlatani, C. V., Karas, P. A., Tucac, G., & Karpouzas, D. G. (2019). Expanding the use of biobeds: Degradation and adsorption of pesticides contained in effluents from seed-coating, bulb disinfection and fruit-packaging activities. *Journal of Environmental Management*, 248(6), 109221.
- Parada, P. R. (2021). *Lifeder*. Hemicelulosa: Clasificación, Estructura, Biosíntesis, Funciones.



<https://www.lifeder.com/hemicelulosa/>

- Pardío, V., Martínez, D., Flores, A., Romero, D., Suárez, V., López, K., & Uscanga, R. (2012). Human health risk of dietary intake of organochlorine pesticide residues in bovine meat and tissues from Veracruz, México. *Food Chemistry*, 135(3), 1873–1893.
- Pereira, H. (2017). *Los parámetros-clave para la producción de corcho*. Centro de Estudios Florestais Instituto Superior de Agronomia Universidade de Lisboa.
- Pérez-Villanueva, M. . (2020). Efectos de la oxitetraciclina en un sistema de biopurificación: eliminación de triazinas y organofosforados y variación en la expresión de genes de degradación. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). Universidad de Costa Rica.
- Pinto, A. P., Rodrigues, S. C., Caldeira, A. T., & Teixeira, D. M. (2016). Exploring the potential of novel biomixtures and *Lentinula edodes* fungus for the degradation of selected pesticides. Evaluation for use in biobed systems. *Science of the Total Environment*, 541, 1372–1381.
- Quinchía Figueroa, A. M., Castrillón, J. U., Durán, V. ., & Usuga, J. C. . (2016). Use of microorganisms as an environmental alternative to treat agro-industrial waste. In *Terrestrial Biomes: Geographic Distribution, Biodiversity and Environmental Threats*, 127–139.
- Quinteros, M. E. R., & López, V. J. A. (2019). Acute pesticide poisonings epidemiology in El Salvador. *ALERTA Revista Científica Del Instituto Nacional de Salud*, 2(2), 125–134.  
<https://doi.org/10.5377/alerta.v2i2.7846>
- RAPAL. (2013). *Red de acción en plaguicidas y sus alternativas en América latina. Cuba reduce el uso de plaguicidas químicos en 50 %*. [http://www.rapal.org/index.php?seccion=8&f=news\\_view.php&id=207](http://www.rapal.org/index.php?seccion=8&f=news_view.php&id=207)
- Rivero, A., Gérez, N., Jesús, F., Niell, S., Pía Cerdeiras, M., Heinzen, H., & Cesio, M. V. (2020). Unambiguous evaluation of chlorpyrifos and TCP bioremediation in laboratory and field experiments. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 00(00), 1–13.  
<https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1817429>
- Rivero, A., Niell, S., Cerdeiras, M. P., Heinzen, H., & Cesio, M. V. (2016). Development of analytical methodologies to assess recalcitrant pesticide bioremediation in biobeds at laboratory scale. *Talanta*, 153, 17–22.
- Rodríguez, O. V. y Hansen, H. (2007). Obtención de dextrano y fructosa, utilizando residuos agroindustriales con la cepa *Leuconostoc mesenteroides*. *Rev. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín*, 7, 159–172.

- Rodríguez, M. D., Castrillo, M. L., Velázquez, J. E., Kramer, G. R., Sedler, C., Zapata, P. D., & Villalba, L. (2017). Obtención de azúcares fermentables a partir de aserrín de pino pretratado secuencialmente con ácido-base. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(2), 317–324.
- Rojas, R., Vanderlinden, E., Morillo, J., Usero, J., & El Bakouri, H. (2014). Characterization of sorption processes for the development of low-cost pesticide decontamination techniques. *Science of the Total Environment*, 488–489(1), 124–135.
- Romero, E., Delgado-Moreno, L., & Nogales, R. (2019). Pesticide Dissipation and Enzyme Activities in Ungrassed and Grassed Biomixtures, Composed of Winery Wastes, Used in Biobed Bioremediation Systems. *Water, Air, and Soil Pollution*, 230(2), 1–11.
- Ruano, J. (2012). *Experiencias en la implementación de biodep® en el sector campesino de Guatemala*.
- Ruiz-Hidalgo, K., Chin-Pampillo, J. S., Masís-Mora, M., Carazo R., E., & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2014). Degradation of carbofuran by *Trametes versicolor* in rice husk as a potential lignocellulosic substrate for biomixtures: From mineralization to toxicity reduction. *Process Biochemistry*, 49(12), 2266–2271.
- SAGARPA. (2015a). *Plan de manejo de residuos generados en actividades agrícolas. Primera etapa: Diagnóstico nacional*.  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346978/Manejo\\_de\\_residuos\\_Detallado.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346978/Manejo_de_residuos_Detallado.pdf)
- SAGARPA. (2015b). *Plan de manejo de residuos generados en actividades agrícolas. Primera etapa: diagnóstico nacional*.  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346978/Manejo\\_de\\_residuos\\_Detallado.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346978/Manejo_de_residuos_Detallado.pdf)
- Sangian, H. F., Kristian, J., Rahma, S., Dewi, H. K., Puspasari, D. A., Agnesty, S. Y., Gunawan, S., & Widjaja, A. (2015). Preparation of Reducing Sugar Hydrolyzed from High-Lignin Coconut Coir Dust Pretreated by the Recycled Ionic Liquid [mmim][dmp] and Combination with Alkaline. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 10(1), 8–22.
- Sarkar, N., Ghosh, S. K., Bannerjee, S., & Aikat, K. (2012). Bioethanol production from agricultural wastes: An overview. *Renewable Energy*, 37(1), 19–27.
- Saval, S. (2012). Soluciones agroindustriales. *BioTecnología*, 16(2), 42.
- Sevilla, I. R. (2018). Caracterización química de tres residuos lignocelulósicos generados en la región del Cantón Alausí. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica*,

- Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 20(40), 80–85.
- Sniegowski, K., Bers, K., Van Goetem, K., Ryckeboer, J., Jaeken, P., Spanoghe, P., & Springael, D. (2011). Improvement of pesticide mineralization in on-farm biopurification systems by bioaugmentation with pesticide-primed soil. *FEMS Microbiology Ecology*, 76(1), 64–73.
- SNVE. (2007). Secuelas de la intoxicación por plaguicidas (mutaciones genéticas, esterilidad, neurotoxicidad, cáncer. In *Epidemiología: Sistema único de Información*.
- Terrasan, C. R. F., Temer, B., Duarte, M. C. T., & Carmona, E. C. (2010). Production of xylanolytic enzymes by *Penicillium janczewskii*. *Bioresource Technology*, 101(11), 4139–4143.
- Trejo-Márquez, M. ., Lira-Vargas, A. ., & Pascual-Bustamante, S. (2016). Fibra para el futuro: propiedades y beneficios. In O. M. E. Ramírez (Ed.), *Alimentos Funcionales de Hoy* (pp. 1–34). Omniscience.  
<https://www.omniscience.com/books/index.php/monographs/catalog/download/98/421/851-1?inline=1>
- Vargas, J., Alvarado, P., Vega-Baudrit, J., & Porras, M. (2013). Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos. *Revista Científica*, 23(1), 86–101.
- Vecino, X., Devesa-Rey, R., Cruz, J. M., & Moldes, A. B. (2015). Study of the physical properties of calcium alginate hydrogel beads containing vineyard pruning waste for dye removal. *Carbohydrate Polymers*, 115, 129–138.
- Vischetti, C., Monaci, E., Casucci, C., De Bernardi, A., & Cardinali, A. (2020). Adsorption and degradation of three pesticides in a vineyard soil and in an organic biomix. *Environments - MDPI*, 7(12), 1–9.
- Weichenthal, S., Moase, C., & Chan, P. (2010). Review Agricultural Health Study Cohort. *Environmental Health Perspectives*, 118(8), 1117–1125.
- Zúñiga-González, C. A. (2011). *Texto básico de economía agrícola: Su importancia para el desarrollo local sostenible*. Editorial Universitaria, UNAN-León.