



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Conducta de exploración de *Icterus pustulatus* expuestos a un gradiente de concentración de contaminantes de los desechos mineros en Huautla, Morelos

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
BIÓLOGO
P R E S E N T A:
JOCELYN NATHALY MALDONADO GÓMEZ

Directora: Dra. Marcela Osorio Beristain
Codirectora: Dra. Lynna Marie Kiere

CUERNAVACA, MORELOS

NOVIEMBRE, 2020

ESTA TESIS FUE DIRIGIDA POR LA DRA. MARCELA OSORIO BERISTAIN Y LA
CODIRECTORA DRA. LYNNA MARIE KIERE

AGRADECIMIENTOS

Me encuentro totalmente agradecida con mi directora de tesis la Dra. Marcela Osorio Beristaín y mi codirectora la Dra. Lynna Marie Kiere por todo el apoyo, la enseñanza y la paciencia que me han ofrecido para realizar este hermoso proyecto.

De igual forma a todos los alumnos del CIByC y de la Facultad de Ciencias biológicas que colaboraron en el trabajo de campo, y por supuesto a Animal Behavior Society por el financiamiento.

A todos mis profesores que me ofrecieron de su tiempo y conocimiento. Reconozco su gran esfuerzo y agradezco mucho que dediquen parte de sus vidas a transmitir su sabiduría. Aprendí muchas cosas y hasta descubrí nuevas perspectivas de la vida.

También quiero agradecer a todos mis amigos que hice durante la carrera, compartimos muchos momentos de estrés y enseñanza, gracias por las risas, las aventuras y las locuras, y lo más importante, gracias por el amor y la confianza.

A todos mis demás amigos cercanos, que siempre me alentaban a no rendirme y seguir luchando para alcanzar mis metas. Gracias por confiar y creer en mí, gracias por recordarme constantemente de lo que soy capaz.

También quiero agradecerle a mi madre Micaela Gómez y a mi padre Juan Maldonado por todo el apoyo que me ofrecieron durante esta etapa de mi vida. Gracias por todo el esfuerzo que han hecho para que yo lograra tener una carrera universitaria, por confiar en mí, por sostenerme en mis peores momentos y celebrar junto a mí cada una de mis victorias. Quiero agradecerle a toda mi familia por ser parte de mi inspiración y a mis cuatro abuelitos que en paz descansen, espero que estén orgullosos de mí.

LOS AMO A TODOS

Finalmente quiero agradecerme a mí, por no rendirme y atreverme a seguir luchando para alcanzar mis metas. Quiero recordarme toda la vida que este proyecto es un gran ejemplo de la capacidad que tengo para alcanzar mis sueños.

¡NUNCA TE RINDAS!

ÍNDICE

1. INDICE DE TABLAS	5
2. INDICE DE FIGURAS.....	5
3. RESUMEN.....	6
4. INTRODUCCION.....	8
4.1 ACTIVIDAD MINERA EN MÉXICO.....	8
4.2 MINERÍA EN HUAUTLA, MORELOS.....	9
4.3 METALES PESADOS Y SUS EFECTOS COLATERALES SOBRE LA SALUD HUMANA	10
4.3.1 DISFUNCIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO POR CONTAMINACIÓN DE METALES PESADOS (EN HUMANOS)	11
4.3.2 EFECTOS EN EL COMPORTAMIENTO POR METALES PESADOS ...	12
4.4 EFECTOS EN LA SALUD POR CONTAMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AVES.....	13
4.5 COMPORTAMIENTO EXPLORATORIO EN ANIMALES.....	14
4.6 PRUEBAS DE EXPLORACIÓN ANTE UN AMBIENTE NOVEDOSO EN AVES	
4.7 ESPECIE DE ESTUDIO, <i>ICTERUS PUSTULATUS</i>	16
5. JUSTIFICACIÓN	18
6. HIPÓTESIS.....	19
7. OBJETIVOS.....	20
8. METODOLOGÍA.....	21
8.1 SITIO DE ESTUDIO.....	21
8.2 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	22
8.2.1 PRUEBA DE AMBIENTE NOVEDOSO	23
8.2.2 DISEÑO DE LA JAULA.....	23
8.3 ANÁLISIS DE VIDEOS.....	25
8.3.1 RENOMBRADO DE VIDEOS.....	25
8.3.2 VARIABLES.....	25
8.3.3 PRUEBAS DE CONFIABILIDAD.....	25
8.4 ANÁLISIS DE LOS DATOS CRUDOS.....	26
8.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	27

9.	RESULTADOS	28
10.	DISCUSIÓN	32
11.	CONCLUSIÓN	37
12.	PERSPECTIVAS	38
13.	ANEXO	39
14.	LITERATURA CITADA	45

1. INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas Geográficas promedio en donde se realizaron los muestreos.

Tabla 2. Tamaño de muestra de cada sitio.

Tabla 3. Variables de respuesta

Tabla 4. Prueba de modelo nulo

Tabla 5. ANOVA de las variables explicativas para la variable total de vuelos.

2. INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del estado de Morelos donde se muestran los diferentes puntos de muestreo del sitio estudio: Jales de Huautla y de Rancho Viejo (sitio contaminado), Río Rancho Viejo (sitio intermedio) y Quilamula (sitio control).

Figura 2. Diseño de la jaula visto desde arriba (a) y de lado (b).

Figura 3. Distribución del total de desplazamientos en el piso.

Figura 4. Distribución del total de vuelos.

Figura 5. Box plot del total de vuelos.

Figura 6. Distribución del número de superficies tocadas.

Figura 7. Box plot del número de superficies tocadas.

3. RESUMEN

En México, la minería metálica ha sido una industria relevante desde la época colonial, y actualmente es uno de los principales países con esta actividad en el mundo. Debido a lo anterior se han hecho concesiones para la explotación minera en todo el país. De tal forma que se han generado alarmantes cantidades de desechos, conocidos como jales. Estos sitios se han convertido en motivo de estudio debido a la gran cantidad de metales pesados biodisponibles. Los seres vivos que se ven afectados por la presencia de metales, como lo es el plomo, arsénico, cobre, entre otros, expresan varias patologías. La intoxicación se puede expresar en anomalías en la conducta del organismo, ocasionando aletargamiento, déficit de aprendizaje, hiperactividad, agresividad, entre otros síntomas. Debido a las consecuencias por la exposición a metales pesados se realizó este estudio en el poblado de Huautla, en su zona minera que forma parte de la Reserva de la Biosfera de Sierra de Huautla en el municipio de Tlaquiltenango, Morelos. El objetivo del trabajo fue evaluar los efectos de la exposición crónica a los metales pesados presentes en los desechos mineros en la conducta de exploración de *Icterus pustulatus*. Se atraparon hembras y machos adultos y adultos jóvenes de segundo año de edad y se evaluó su conducta de exploración ante un ambiente novedoso utilizando el modelo de Huang *et al* (2016). La exploración es crucial en los animales, por ejemplo, para escapar del depredador, localizar alimento, sitio de anidación o colonizar nuevos ambientes. Se eligió a la especie de estudio debido a que es residente y defiende un territorio alrededor de su nido durante todo el año por lo que los individuos de los sitios contaminados tienen una exposición crónica a los metales. Se muestreó en 4 sitios con condiciones climáticas y de vegetación similares. Los sitios de estudio muestreados fueron dos sitios con la principal fuente de contaminación que son el jal de Huautla y el jal de Rancho viejo distanciados por 1.07 km. Además, un tercer sitio intermedio, que se encuentra río abajo del afluente del Río Rancho viejo, a 2.76 km de los jales y en donde se descargan los contaminantes. Finalmente, un cuarto sitio, el control, en el río Quilamula que se localiza río arriba a 8.31 km de los jales. Los resultados obtenidos mostraron que para la tasa de vuelos hubo una diferencia significativa en la interacción del sitio y la categoría sexo/edad ($P=0.002$), en los machos de segundo año. Los individuos presentes en los jales de Huautla mostraron una disminución en la tasa de vuelos comparada con los otros sitios. En los jales de Rancho Viejo los machos de segundo año mostraron una tasa de vuelos por arriba de la

tasa que presentaron los individuos del sitio intermedio y del sitio control. Lo que sugiere diferentes efectos a la exposición por metales pesados, como es el aletargamiento de los individuos en los jales de Huautla y la hiperactividad en los jales de Rancho Viejo, esto podría deberse al tipo de metales a los que se encuentran expuestas las aves y a la dosis de ingestión.

4. INTRODUCCION

4.1 ACTIVIDAD MINERA EN MÉXICO

En México, la minería ha sido una actividad económica relevante; sus inicios datan de la época prehispánica y durante la época de la conquista. Durante el siglo XVIII se registra la mejor época de la minería mexicana (Muñoz, 1986; Mejía *et al.*, 1999). La minería metálica empezó con la explotación de oro y cobre, después se fueron obteniendo otros minerales como la plata, plomo, zinc, molibdeno y hierro, los cuales han posicionado al país como una potencia en la minería extractiva y en la metalurgia. (Muñoz, 1986; Pérez, 2009). Actualmente, a nivel mundial, México se encuentra en primer lugar en la extracción de plata, quinto lugar en plomo y zinc, sexto lugar en cadmio, y décimo en cobre (Servicio Geológico Mexicano 2019). Para la obtención de metales pesados y otros elementos de interés económico, se requiere el uso de técnicas que incluyen el uso de sustancias como el arsénico y el cianuro, que son tóxicos para los ecosistemas (Salinas *et al.*, 2004). Los metales pesados (MP) se definen como aquellos elementos que tienen una densidad mayor de 5 g/cm^3 en su forma elemental, están conformados por 38 elementos, pero generalmente son 12 los utilizados y descargados, como parte de una serie de residuos, al medio ambiente: cadmio, cromo, cobalto, cobre, hierro, mercurio, manganeso, molibdeno, níquel, plomo, estaño y zinc (Volke-Sepúlveda y Velasco-Trejo, 2004).

En el país la minería ha tenido beneficios económicos muy importantes que se han obtenido de su explotación y exportación. Debido a esta actividad se han presentado consecuencias negativas para el medio ambiente. El producto obtenido de la extracción y la manufacturación de los minerales, además de la falta de normatividad sobre los residuos, han producido durante décadas una gran cantidad de desechos mineros compuesto por roca finamente molida contaminada con metales pesados, conocidos como jales, colas, relaves o “tailings” (Mejía *et al.*, 1999). Por lo tanto, la minería ha generado un gran impacto ambiental, afectando desde el subsuelo hasta la atmosfera, incluyendo suelos, cuerpos de agua y la biota en general, dejando sitios contaminados a lo largo de todo el país. (Volke-Sepúlveda y Velasco-Trejo, 2004). Varios factores pueden influir en la toxicidad de los residuos producidos; un factor es la biodisponibilidad de los metales, es decir la proporción

de un elemento que puede ser absorbido por los seres vivos (González-Flores *et al.*, 2011). La mayoría de los metales tienden a estar más disponibles en pH ácidos, porque aumentan su solubilidad (Sandrin y Hoffman, 2007). La biodisponibilidad de un elemento es un indicador clave del riesgo potencial para el ambiente y en la salud de los organismos. Sin embargo, la biodisponibilidad de los metales no necesariamente determina su toxicidad real (Mejía *et al.*, 1999). Por ejemplo, en los sitios con residuos mineros, los metales se presentan en mezclas, pudiendo darse una interacción toxicológica entre ellos (Mejía *et al.*, 1999).

Los organismos (incluyendo los humanos) pueden estar expuestos a los metales pesados de los jales por el material particulado en el aire, por suelos contaminados y a través de los cuerpos de agua debido al deslave de jales o de suelos contaminados (Mejía *et al.*, 1999). Además, debido a su persistencia, la concentración de metales en los diferentes organismos puede aumentar en la medida que son ingeridos por organismos de niveles tróficos superiores (biomagnificación), lo que daría como resultado un desequilibrio de las cadenas tróficas, modificando la estructura de la comunidad en términos de riqueza, diversidad, dominancia y composición de especies (Romero *et al.*, 2002), provocando afectaciones en los niveles de organización biológica, desde las células hasta los ecosistemas.

4.2 MINERÍA EN HUAUTLA, MORELOS

El estado de Morelos se ha caracterizado por su actividad minera durante décadas en diferentes localidades como es en el municipio de Tlaquiltenango en el poblado de Huautla. Desde el siglo XVIII hasta 1993, se explotaron seis minas en esta región para la principal extracción de Ag, Pb y Zn, siendo uno de los distritos mineros más explotados del estado (Velasco-Trejo *et al.*, 2004; Sánchez, 2002). En el año 1993, las minas dejaron de explotarse y actualmente no existen indicios de volver a ser explotadas. Para el año de 1999, las seis minas pasaron a ser parte de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH), con 59 mil hectáreas. La REBIOSH constituyen un reservorio de biodiversidad de gran relevancia para la conservación del trópico seco en México (Velasco-Trejo *et al.*, 2004; CONANP., 2005).

Debido a la explotación de minerales azufrados de plomo y plata en la comunidad de Huautla, a consecuencia de la industria minera, se han identificado grandes cantidades de desechos (jales) y de material no procesado rico en metales pesados solubles. Existen 780

mil toneladas, en los cuales el principal contaminante es el plomo y otros elementos como el cadmio y manganeso (Volke-Sepúlveda y Velasco-Trejo, 2004). Estos jales se encuentran dispuestos a la intemperie y al borde de cuerpos de agua que desembocan en el río Amacuzac. Esto puede ocasionar que durante la temporada de lluvias el lixiviado (líquido que se forma como resultado del percolado que atraviesan los sólidos) de los jales se disperse hacia los cuerpos de agua cercanos (Volke-Sepúlveda y Velasco-Trejo, 2004).

Durante los años 2004 y 2005, SEMARNAT en conjunto con el Instituto Nacional de Ecología, reportó en los jales de Huautla elevadas concentraciones de arsénico (hasta 274 mg/kg) y de plomo (hasta 3340 mg/kg), rebasando los límites máximos permisibles de lixiviados que le infieren características de peligrosidad a un residuo (NOM-052-ECOL-93). Los valores permitidos propuestos por la PROFEPA, para el As es de 20 mg/kg en suelo residencial y 40 mg/kg en suelo industrial y para el Pb es de 200 mg/kg en suelo residencial y 1500 mg/kg en suelo industrial. Recientemente se reportó una mayor concentración que la norma permitida de plomo, arsénico, fierro, manganeso y cadmio en afluyente efímeros y perenes de la galería de la mina abandonada y de los jales en Huautla (Esteller *et al.*, 2015, Barats *et al.*, 2016 y 2020). También se reportó que los principales metales biodisponibles en Huautla son el arsénico, cadmio, plomo con las consecuencias en la salud en la biota, incluyendo los pobladores (Volke-Sepúlveda y Velasco-Trejo, 2004). Cabe mencionar que los límites legales no toman en cuenta que los contaminantes se encuentran mezclados o si son biodisponibles, pudiendo ocasionar la intoxicación aún por debajo de los límites permisibles.

4.3 METALES PESADOS Y SUS EFECTOS COLATERALES SOBRE LA SALUD HUMANA

Los metales pesados más estudiados son el plomo, arsénico y cadmio debido a los efectos negativos producidos en los organismos, además de su abundancia en ambientes perturbados antropogénicos (Ortega-García, 2005; Nava-Ruiz y Méndez-Armenta, 2011). A diferencia de otros metales como el cobre y zinc que son considerados como micronutrientes esenciales para los seres vivos, estos metales no tienen ninguna función biológica y son tóxicos incluso en dosis mínimas (Cervantes y Moreno 1999; Volke y Velasco, 2004). La principal ruta de exposición a los metales pesados es por la vía oral a través de la ingesta de alimentos o agua

contaminada, otro medio es por vía inhalatoria como resultado de la exposición ocupacional o por habitar cerca de sitios contaminados (Nava-Ruiz y Méndez-Armenta, 2011). La exposición a estos elementos puede ser aguda o crónica; la exposición aguda es aquella que ocurre en un tiempo corto a dosis relativamente altas, mientras que la crónica es aquella que ocurre en un prolongado tiempo a dosis relativamente bajas (Arroyo y Fernández, 2013). La intoxicación aguda por la exposición al plomo, puede ocasionar dolor de cabeza, irritabilidad, dolor abdominal y otros síntomas relacionados con el sistema nervioso central. Cuando la intoxicación es crónica se presentan cambios en la conducta, constipación epigástrica y convulsiones (Ver en Nava-Ruiz y Méndez-Armenta, 2011). En cuanto al arsénico, su intoxicación aguda puede ocasionar vómito profuso, diarrea, cólicos, salivación excesiva, fiebre y alteraciones en el sistema cardiovascular. Cuando la intoxicación es crónica los síntomas incluyen cambios en la piel con hiperqueratosis, formación de verrugas y granos en las palmas y plantas de los pies, con grandes áreas de hiperpigmentación intercalados entre pequeñas áreas de hipopigmentación en la cara, cuello y espalda. Ambos elementos ocasionan efectos negativos en el sistema nervioso y su alta exposición puede causar la muerte (ver en Nava-Ruiz y Méndez-Armenta, 2011; Arroyo y Fernández, 2013).

4.3.1 DISFUNCIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO POR CONTAMINACIÓN DE METALES PESADOS (EN HUMANOS)

Un gran número de compuestos químicos pueden interferir en el desarrollo normal del sistema nervioso central como la exposición a metales pesados (Ortega *et al.*, 2005). Antes hay que tener en cuenta que el sistema nervioso está denominado por el sistema nervioso central, compuesto por el encéfalo y la medula espinal, y el resto del sistema nervioso está localizado a lo largo del resto del cuerpo denominado sistema nervioso periférico. Es una red compleja de estructuras especializadas que tienen como misión controlar y regular el funcionamiento de los diversos órganos y sistemas, coordinando su interrelación y la relación del organismo con el medio externo (Moyes y Schulte, 2007). Anger y Johnson (1985) propusieron una lista de 850 compuestos que pueden ser considerados neurotóxicos. Los metales pesados pueden producir diferentes efectos ocasionando un espectro de síntomas y

signos que incluyen convulsiones, confusión, trastornos de la atención, entre otros (Bonithon *et al.*, 1986).

La toxicidad por metales pesados influye en diversos agentes sobre el sistema nervioso durante el neuro desarrollo, los síntomas son variados y se manifiestan en diversos períodos de la vida. Los efectos observados están relacionados con el momento de exposición, ventanas de vulnerabilidad, los períodos críticos del desarrollo (organogénesis e histogénesis del cerebro), el tiempo de exposición y la sensibilidad individual, afectando el sistema nervioso de manera específica y permanente, produciendo síntomas inespecíficos como disturbios del estado de ánimo, fatiga y disfunción cognitiva (Arroyo y Fernández, 2013). Los efectos neurotóxicos que se ha reportado del plomo interfieren con receptores acoplados a segundos mensajeros, que interfiere con la liberación de neurotransmisores, causando cambios en diferentes órganos y sistemas dependientes de ellos (Garza *et al.*, 2005; Martínez-Rivera *et al.*, 2001; Nava-Ruiz y Méndez-Armenta, 2011;).

Se ha reportado durante el desarrollo en animales y humanos que cualquier sustancia que interfiere en el proceso de mielinización, la creación de conexiones sinápticas y la diferenciación neuronal, alterará la fisiología o la morfología de las estructuras nerviosas, produciendo daños irreversibles. La manifestación final del desarrollo anormal puede causar malformaciones, retardo en el crecimiento o desordenes funcionales, hasta la muerte. Particularmente los desórdenes de conducta, son más complicados de explicar, dada su multicausalidad (Aparicio, 2009; Villeda-Hernández, 2001; Rodríguez *et al.*, 2001).

4.3.2 EFECTOS EN EL COMPORTAMIENTO POR METALES PESADOS

Los estudios conductuales, proporcionan información acerca del funcionamiento del sistema nervioso como su potencial de plasticidad (Domjan *et al.*, 2010). Los cambios producidos en el comportamiento por la exposición a diferentes metales pesados que actúan como neurotóxicos, incluyen por ejemplo, retraso mental, discapacidad cognitiva, sensorial y alteraciones del lenguaje (Arroyo *et al.*, 2013). Los síntomas que se han observado en el comportamiento por la intoxicación crónica de plomo en humanos es la irritabilidad, falta de atención, letargo, torpeza disminución en la función cognitiva, memoria y aprendizaje disminuido, con un incremento en los desórdenes de desarrollo, en especial agresividad, psicosis y déficit mental (Ver en Arroyo *et al.*, 2013; Nava-Ruiz y Méndez-Armenta, 2011;

Ortega *et al.*, 2005). Un estudio realizado en hámsteres dorados macho, reportó que la intensificación de conducta agresiva estaba relacionada con el nivel de exposición al plomo (Deville, 1999; Cervantes *et al.*, 2005). En ratas la exposición al plomo y arsénico disminuyó significativamente la actividad locomotora, así como los déficits de aprendizaje y algunas variaciones en su exploración (Rodríguez *et al.*, 2001; Martínez-Riera *et al.*, 2001). Otros estudios han demostrado que la presencia de niveles altos de plomo y cadmio en el cabello de niños, presentan hiperactividad, disminución del desarrollo verbal y menor coeficiente de inteligencia, capacidad perceptiva y motora (Thatcher *et al.*, 1982; Aparicio, 2009; Bonithon-Kopp *et al.*, 1986).

Una gran variedad de comportamientos que se han visto afectados por la exposición a metales pesados y otros contaminantes antropogénicos se asocian con la adquisición de recursos por parte de los animales (Clotfelter *et al.*, 2004). Uno de los principales efectos por la acumulación de metales pesados ha sido la disminución en el comportamiento antidepredador o la actividad de alimentación, tomando en cuenta que son de las principales actividades para poder sobrevivir (Montiglio y Royauté 2014). En peces y anfibios se registró que la intoxicación por metales pesados puede reducir su capacidad de evasión y huida a depredadores, pérdida de equilibrio y nado anormal (Atchinson *et al.*, 1987; Lefcort *et al.*, 1998). Estos estudios se realizaron a diferentes niveles de exposición por metales pesados y con diferentes periodos de exposición para observar las variaciones de la toxicidad.

4.4 EFECTOS EN LA SALUD POR CONTAMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AVES

La exposición a metales pesados en el organismo de las aves que se encuentran habitando cerca de sitios contaminado, causa estrés oxidativo en las células, suprimiendo su sistema inmune (Koivula y Eeva, 2010) y bioacumulación de metales tejidos (Damian, *et al.*, 2009; Baos *et al.*, 2006). Una de las características de las aves en relación a otros vertebrados es su sistema respiratorio, ya que se caracteriza por un flujo de aire unidireccional y un intercambio de gases de corriente cruzada, características que mejoran la eficiencia de la respiración. Por lo tanto, es más probable que las especies aviares sean susceptibles a altas concentraciones de contaminantes (Brown *et al.* 1997). Un ejemplo muy drástico por intoxicación de metales pesados de forma aguda, llegando a ocasionar la muerte del animal,

es por la ingesta de perdigones, municiones o pedazos de plomo de pesca (Haig et al., 2014) Estos pueden ser ingeridos al ser confundidos por pequeñas piedras o en ocasiones por alimento, ya que muchas aves ingieren pequeñas piedras (gastrolitos) para posibilitar la trituración de sus alimentos y así realizar la digestión cita. El problema es que terminan disolviéndose y pasando a la corriente sanguínea ocasionando una mortal intoxicación (Haig et al., 2014). En cuanto a la intoxicación crónica por metales pesados puede producir cambios en los sistemas fisiológicos como el sistema endocrino y reproductivo, causando reducción de peso corporal, disminución del crecimiento durante el desarrollo, disfunciones reproductivas las cuales disminuyen las posibilidades de lograr reproducirse, (Burger y Gochfeld 2000; Janssens et al., 2002). Cada tipo de metal pesado provoca distintas alteraciones, por ejemplo, se ha visto que la intoxicación por arsénico, cadmio y cobre también han sido relacionados como genotóxicos, debido al alto grado de bioacumulación que sucede en el organismo (Baos et al., 2006). La absorción del plomo causa efectos en el desarrollo del comportamiento de las crías, afectando negativamente su supervivencia (Burger y Gochfeld 2000; Janssens et al., 2003). Mientras que la exposición a mercurio en aves esta correlacionada con el daño neurológico (Lovett et al., 2009). En aves, la alteración conductual tiene que ver con la secreción de corticosterona plasmática (Winfield, 1994). Esta hormona regula e integra cambios fisiológicos y de comportamiento en el individuo, proporcionando un “estado de emergencia” adecuado para responder de forma rápida al estímulo perturbador (Wingfield, 1994). Bajo dicho estado, el individuo focaliza sus recursos hacia una supervivencia inmediata, y suprime temporalmente otras funciones accesorias, por ejemplo funciones reproductivas cita. Sin embargo, los efectos de los metales pesados en el comportamiento rara vez han sido examinados experimentalmente en aves de vida libre. En un estudio de Burger y Gochfel (2000), inyectaron plomo a polluelos de gaviota argétea (*Larus argentatus*) y encontraron déficits conductuales inducidos por el metal, como problemas para caminar y alimentarse. Lo que disminuye la adecuación de los organismos.

4.5 COMPORTAMIENTO EXPLORATORIO EN ANIMALES

Al explorar, los animales aprenden sobre las propiedades de su entorno, lo que puede tener una influencia en decisiones posteriores de importancia en su adecuación. El comportamiento exploratorio está estrechamente relacionado con el concepto de aprendizaje latente (Renner,

1990), inducido por los cambios o la novedad en el entorno familiar. Explorar se relaciona con la capacidad del individuo de resolver problemas nuevos cita. La conducta exploratoria, puede tener algunos costos ya que un objeto nuevo o un espacio novedoso puede ocultar algún peligro, por ejemplo una amenaza directa de un depredador, o puede requerir alta inversión de tiempo y de energía (Mettke-Hofman *et al.*, 2006). Así que la exploración es un medio importante para evaluar los riesgos y las recompensas en el entorno actual (Mettke-Hofmann *et al* 2006), ya que la información recolectada es crucial para encontrar recursos, observar irregularidades o para identificar riesgos potenciales (Lefcort *et al.*, 1998). Los estudios de comportamiento de exploración se han realizado principalmente en roedores en laboratorio, mientras que en animales silvestres, prácticamente no hay estudios. Para comprender las consecuencias del comportamiento de exploración, se requieren métricas con alta validez ecológica y confiabilidad experimental (Huang *et al.*, 2016). Con este propósito se han utilizado las pruebas de "novel-environment" (o ambiente novedoso) como un método estandarizado para cuantificar la variación exploratoria dentro de una población (Verbeek *et al.*, 1994; Dingemansc *et al* 2002; Huang *et al.*, 2016; Minderman *et al* 2010).

4.6 PRUEBAS DE EXPLORACIÓN ANTE UN AMBIENTE NOVEDOSO EN AVES

La prueba de ambiente novedoso se implementa liberando a individuos en un nuevo ambiente (cautivo) durante un período de tiempo específico, observando su comportamiento, cuantificando factores como el número y / o la frecuencia del desplazamiento de la localización, la latencia en las características proporcionadas o las dos métricas comúnmente utilizadas en las pruebas ambientales novedosas que son las medidas del cambio de posición corporal: la frecuencia de movimiento y el número de características visitadas en el medio ambiente (revisión en Huang *et al.*, 2015). La evaluación de los desplazamientos de movimiento y posición en las pruebas de ambiente novedoso han permitido repetidamente la predicción de la exploración espacial en el medio silvestre (Dingemansc, *et al.*, 2002; Huang *et al.*, 2012; Minderman *et al* 2010). La métrica del comportamiento de escaneo rara vez se ha incluido al cuantificar comportamiento de exploración pero se sugiere que el escaneo visual es un aspecto clave de la exploración en aves (Huang *et al.*, 2012). El escaneo es reconocido como un aspecto de exploración ya que los individuos monitorean su ambiente,

proporcionándoles información, como por ejemplo la detección de depredadores (Gall y Fernandez-Juricic 2010). Lo cual les permite determinar si el paisaje visual ha cambiado con el tiempo mediante la observación directa o el seguimiento visual del comportamiento heteroespecífico (Moore *et al.*, 2013; Gall y Fernandez-Juricic 2010).

4.7 ESPECIE DE ESTUDIO, *ICTERUS PUSTULATUS*

Icterus pustulatus, conocido como “Calandria dorso rayado” es un passeriforme de la familia Icteridae, perteneciente al género *Icterus* (Wagler, 1829, Berlanga 2017) de tamaño mediano a grande (19-23 cm, Howell y Webb 1988). Ambos sexos tienen plumaje carotenoide amarillo anaranjado y plumas de color rojo vivo en la cabeza y el pecho. Estas aves, presentan parches de color negro, un babero oscuro y un blanco visible al borde de las alas. La población del Norte de esta especie tiene rayas negras sobre el amarillo o naranja del dorso, mientras que los individuos del Sur pueden tener la espalda casi completamente oscura. El pico es moderadamente oscuro y muestra un culmen recto con una ligera curva en la mandíbula, y la cola es gradualmente delgada (Jaramillo y Burke, 1999). Se ha descrito que las formas del Norte son sexualmente dicromáticas (diferencia en la coloración entre los sexos), siendo los machos más coloridos que las hembras, mientras que las formas del Sur, incluyendo la población de este estudio, son monomórficas (coloración similar entre los sexos) (Jordan *et al.*, 2008). A pesar de las similitudes en la coloración del plumaje del macho y la hembra, el sexo se puede determinar por diferencias en la coloración del plumaje de la cola de las aves adultas que es marrón claro en las hembras y negra en los machos (Murphy *et al.*, 2009).

Distribución geográfica y hábitat

La Calandria dorso rayado se distribuye desde el Norte de México, en la pendiente del Pacífico, hasta Costa Rica variando en apariencia física en este rango (Howell y Webb 1998). Las regiones más identificadas son las tierras bajas tropicales de México a partir del Suroeste de Colima, al Norte de Oaxaca y al Este de Guanajuato a Morelos, Puebla y Oeste de Veracruz (Jaramillo y Burke 1999). Esta especie se encuentra en bosques espinosos, matorrales y otros bosques caducifolios secos (Jaramillo y Burke 1999). Esta especie también

puede encontrarse en bosques secundarios y cerca de áreas pobladas y agrícolas, y en bosques áridos de pino y roble en las tierras altas de México (Jaramillo y Burke 1999). Cabe señalar que esta especie no se encuentra dentro de la categoría de riesgo de la Norma-059-SEMARNAT-2010 y es de preocupación menor según la IUCN. Además que es un ave residente y territorial (Berlanga, 2017).

Características conductuales y anidamiento

Los individuos de *Icterus pustulatus*, forrajean solos, en parejas o en grupos familiares, y en ocasiones se agrupan en grupos más grandes cita. Estas aves son omnívoras, se alimenta de insectos obtenidos del follaje u hojas muertas, de frutas y de néctar de flores (Jaramillo y Burke., 1999). Las parejas de la especie, tienden a ser monógamas, pero se ha registrado la presencia de poligamia cita. Durante la temporada de reproducción, la mayoría de las actividades y de vocalización ocurren en el territorio, en el que se incluye el nido (Corman y Monson, 1995). Es un ave territorial así que ambos sexos defienden el espacio alrededor del nido durante todo el año (Price *et al.*, 2008; Murphy *et al.*, 2009). La construcción de nidos y la incubación la realizan exclusivamente las hembras y tarda poco menos de un mes en terminar la construcción. El nido es una gran canasta colgante, de hasta 70 cm de largo, que está asegurada a la punta de las ramas (Jaramillo y Burke., 1999). El sitio de anidación a menudo está a una altura moderada, y a la sombra del dosel del árbol. En el sur de México, la mayoría de los nidos contienen huevos durante mayo. El tamaño de la nidada varía de 3 a 4 huevos y los huevos son azul pálido con manchas oscuras, la incubación dura de 12 a 14 días y los jóvenes tardan aproximadamente dos semanas en emplumar (Corman y Monson 1995). Una vez que el huevo eclosiona, ambos padres comparten el trabajo de alimentar a los jóvenes (Jaramillo y Burke, 1999). La crianza comienza a principios de junio y termina en agosto (Howell y Webb, 1998).

5. JUSTIFICACIÓN

Los desechos mineros son un impacto fuerte en la contaminación ambiental debido a la toxicidad de los metales pesados, afectando drásticamente a los ecosistemas. Estos elementos han ocasionado graves daños en la salud, interfiriendo en los procesos metabólicos y algunos actuando como neurotóxicos, ocasionando cambios en el comportamiento de los organismos. Debido a las consecuencias por la exposición a metales pesados se realizó el presente estudio en los jales de Huautla, Morelos, evaluando los efectos producidos por estos elementos en la conducta de exploración de *I. pustulatus*. Lo anterior, bajo un gradiente de distancia a la principal fuente de contaminación que son los montículos de jales, en un sitio intermedio y un sitio control. Se utilizó esta especie debido a que son aves residentes y territoriales todo el año. Por lo que, los individuos de los sitios contaminados tienen una exposición crónica. La conducta exploratoria en los individuos, es importante para su sobrevivencia y reproducción, particularmente por los hábitos espaciales de anidación, búsqueda y recolecta de material particular para tejer el nido, y búsqueda de alimento.

6. HIPÓTESIS

Dado que el aletargamiento es uno de los síntomas conductuales de intoxicación por metales pesados, la exposición crónica a estos disminuirá la conducta de exploración de *Icterus pustulatus*.

Predicción

Los individuos de *I. pustulatus* capturados en los sitios con mayor concentración de metales pesados tendrán una menor capacidad de exploración que los individuos del sitio intermedio y del sitio control. Por lo tanto, se espera que el número de superficies tocadas, desplazamientos en el piso, de vuelos y escaneos oculares serán menores en individuos capturados en los jales que los del sitio intermedio, que a su vez será menor que los del sitio control.

7. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar los efectos de la exposición crónica a los metales pesados presentes en los desechos mineros en la conducta de exploración de *Icterus pustulatus*.

Objetivos particulares

- 1) Determinar si hay diferencias en la conducta de exploración de *I. pustulatus* entre los jales, el sitio intermedio y el sitio control.
- 2) Determinar si el efecto de la exposición a los metales pesados de los desechos mineros cambian dependiendo de la edad y el sexo en *I. pustulatus*.

8. METODOLOGÍA

8.1 SITIO DE ESTUDIO

El sitio de estudio se encuentra en el poblado de Huautla, en su zona minera que forma parte de la Reserva de la Biosfera de Sierra de Huautla (REBIOSH), en el municipio de Tlaquiltenango, Morelos. El clima en la zona es templado sub-húmedo con lluvias en verano y una precipitación media anual de 910 mm (234 mm, durante junio). La temperatura media anual supera los 22 °C; y la vegetación predominante en el municipio es selva baja caducifolia (árboles que pierden del 70 al 100% de sus hojas), con pequeñas zonas de agricultura de riego y pastizales (INEGI, 2004; CNA, 2004).

Para este se colectaron aves en 4 sitios con condiciones climáticas y de vegetación similares. Dos sitios con la principal fuente de contaminación, que son los jales de Huautla (JH) y los jales de Rancho viejo (JRV) teniendo entre si una distancia de 1.07 km. Un sitio intermedio río abajo del afluente del Río Rancho viejo (RRV) que es en donde se descarga los contaminantes de los jales y éstos son transportados por este río. Este sitio se encuentra a 2.76 km de los jales. Finalmente, un sitio control, en el río Quilamula (cQM) que se localiza río arriba a 8.31 km de los jales (Tabla 1 y Fig. 1).

En la Tabla 1, se presentan las coordenadas geográficas de los puntos de muestreo.

Tabla 1. Coordenadas Geográficas promedio en donde se realizaron los muestreos.

Sitio	Punto de muestreo	Coordenadas
<i>Sitio contaminado</i>	Jales de Huautla	18.44009714 N lat., 99.03209 O long.
	Jales de Rancho viejo	18.4359175 N lat., 99.022905 O long.
<i>Sitio intermedio</i>	Río Rancho viejo	18.42267625 N lat., 99.01326 O long.
<i>Sitio control</i>	Río Quilamula	18.51292125 N lat., 99.014515 O long.

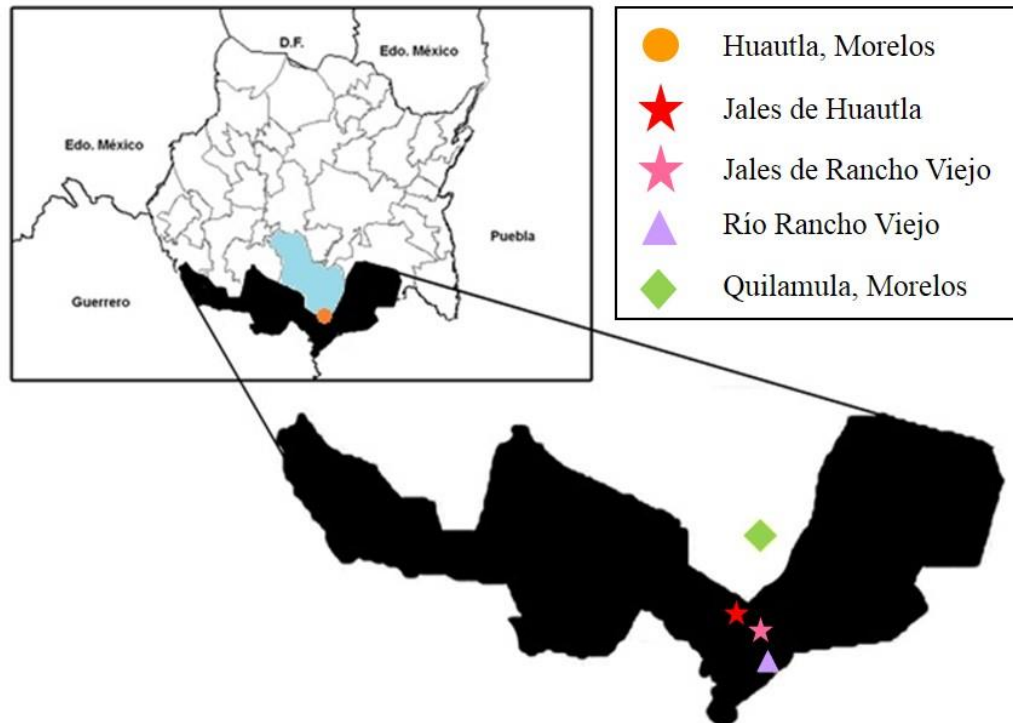


Figura 1. Mapa del estado de Morelos donde se muestran los diferentes puntos de muestreo del sitio estudio. Sitios contaminados: Jales de Huautla (jal principal) y Jales de Rancho Viejo (jal secundario). Sitio intermedio: Río Rancho Viejo. Sitio control: Quilamula.

8.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El trabajo de campo se realizó en el año 2017 y durante siete semanas en los meses de mayo y junio. Durante las horas de mayor actividad de las aves de 07:00 y 13:00 h en cada uno de los 4 sitios se montaron redes de niebla de 6 y 12 m de largo. Las redes se colocaron en puntos estratégicos para la actividad de las aves, por ejemplo, cerca del río en donde las aves toman agua, colectan material para el nido, insectos o cerca de los árboles en donde éstas realizan despliegues territoriales. Las redes se monitoreaban, y al atrapar a los individuos, se desenredaban evitando lastimarlos.

Cada individuo colectado se guardó en un saco de manta. Se anotó fecha y la hora de captura de cada individuo. Se determinó su sexo y edad (segundo año o después de segundo año) a base del plumaje y caracteres reproductivos (parche de incubación en hembras y protuberancia cloacal en machos). A cada ave, se le colocó anillos en los tarsos, con una

combinación única para cada individuo. La combinación de anillos fue de dos de color (negro, blanco, azul y verde) en un tarso, y en el otro tarso un anillo de color con uno de metal numerado. La anillación individual permitió no replicar al mismo individuo en las pruebas conductuales, lo cual permitirá su reconocimiento individual para futuros estudios de ecología conductual. Una vez anilladas, cada ave se introdujo en una caja de madera durante 5 min para habituarse al encierro.

8.2.1 PRUEBA DE AMBIENTE NOVEDOSO

La prueba de ambiente novedoso consiste en colocar al ave recién capturada dentro de la caja de habituación durante 5 minutos, después de este lapso se daba dos golpes en la parte superior de la caja para indicar la apertura de la puerta para que el ave entrara a la arena. Dentro de la arena se dejaban 10 minutos en total de exploración, 5 minutos con el túnel cerrado y 5 minutos con el túnel abierto. La prueba finalizaba cuando el investigador daba la indicación en el video o cuando se cerraba la puerta del túnel de escape. Se utilizó un cronometro para medir el tiempo de cada etapa de la prueba. Cada prueba de conducta se grabó para su posterior análisis. Al inicio de cada prueba se mencionaban los datos de cada individuo: número y combinación de anillos, hora de inicio de la prueba conductual, fecha y sitio de captura. Al finalizar cada prueba se registró el número de archivo de la grabación. Como últimos datos, se tomaron medidas merísticas de cada individuo. La masa se registró en gramos con ayuda de pesolas y una báscula digital pequeña; Se midió el músculo pectoral tocando suavemente en el pecho de los individuos, calificándolo del 0-3; Se midió el tamaño del tarso en milímetros de ambas patas con ayuda de un vernier, y para la longitud alar se utilizó una regla milimétrica con un tope perpendicular en el punto cero (manteniendo la curva natural del ala). También se anotaron observaciones particulares que podían presentar los individuos, por ejemplo la presencia de heridas. Posteriormente se liberaban los individuos en su sitio de captura. El formato de la hoja de registro de los individuos capturados se encuentra en el Anexo 1.

8.2.2 DISEÑO DE LA JAULA

El prototipo de la jaula que utilizamos está basado en la que utilizo Huang, *et al* (2015), con algunas modificaciones. Se construyó una jaula armable con manta y tubos de cloruro de polivinilo (PVC) de un diámetro de 2 cm. Sus medidas son de 1.5 m de alto, 2 metros de

largo y un metro de ancho. Dentro de la jaula se encontraba una jaula de malla (arena) más pequeña de 1m x 1m x 1m, este diseño se realizó así para evitar la constante actividad de escape del ave. Dentro de la arena, del lado izquierdo al nivel del suelo se encontraba la caja de habituación, su diseño era de madera, uno de sus lados tenía una bolsa de manta para introducir al ave y se cerraba con un cordón, y del otro extremo estaba la puerta que daba a la arena. En la parte frente a nivel del suelo se encontraba el túnel de escape, hecho con un tubo de PVC de una diámetro de 15cm y 25 cm de largo, y una puerta de madera de forma circular que atravesaba uno de los extremos del tubo, la cual estaba dirigida hacia la arena, al otro extremo del túnel había una tela de niebla para poder recapturar al ave para las subsecuentes medidas si llegaba a salir del túnel. Para estimular al ave a explorar el ambiente, se colocaron 4 perchas a nivel del suelo hechas con tubos de PVC de un diámetro de 2 cm y 50 cm de largo que los atravesaba en la parte superior un palo de madera de 25 cm de largo: Las perchas se sostenían clavando unas varillas de metal al suelo. El piso era de manta. Fuera de la jaula se colocaron dos cámaras, con una se grabó el interior de la jaula para captar los movimientos y su exploración del ave dentro de la arena, y con la otra cámara se grabó en la parte exterior dirigida el túnel de salida.

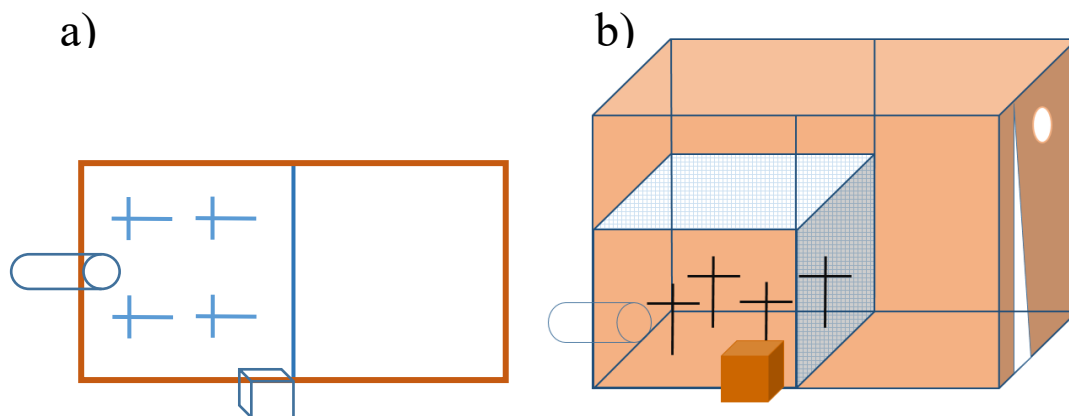


Figura 2. Diseño de la jaula visto desde arriba (a) y de lado (b).

8.3 ANÁLISIS DE VIDEOS

8.3.1 RENOMBRADO DE VIDEOS

Cada archivo de grabación se editó cortando los primeros minutos del video para eliminar la información del individuo. Se renombró cada archivo con el siguiente formato: IcPu_#metal_combinación de color de anillos, por ejemplo: IcPu_17771_BNNX.

Esto se hizo con el fin de que se hicieran registros ciegos, y evitar sesgar al investigador durante el registro de los datos de cada prueba.

8.3.2 VARIABLES

Las variables que se registraron de cada ave videograbada para evaluar la prueba de ambiente novedoso fueron:

- Número de superficies tocadas.
- Duración de tiempo en tocar la superficie por primera vez
- Número de desplazamientos en el piso.
- Número de vuelos.
- Duración de tiempo de escaneos oculares.
- Duración de tiempo de picoteo de los anillos que se le puso a cada ave.

En el Anexo 2 se describen los criterios establecidos para cuantificar cada una de las variables mencionadas.

Las variables se analizaron en dos fases. La primera fase fue de “Desplazamientos y superficies”, evaluando el número de superficies tocadas, el tiempo de latencia en tocar la superficie por primera vez, el número de desplazamientos en el piso y el número de vuelos (Anexo 2). La información se vació en una hoja de registro de datos (Anexo 3). La segunda fase fue la de “Escaneos”, evaluando el tiempo de escaneos oculares y el tiempo de picoteos de los anillos; para esta fase se creó un proyecto en el programa Cowlog (Anexo 2).

8.3.3 PRUEBAS DE CONFIABILIDAD

Se realizaron pruebas de confiabilidad inter-observadores. En éstas, dos investigadores registraron las variables de interés de manera independiente. Lo anterior hasta obtener una concordancia del 95% en la similitud de las variables registradas.

8.4 ANÁLISIS DE LOS DATOS CRUDOS.

El número total de individuos utilizados para este estudio es de 39 aves. En la Tabla 2 se presenta el tamaño de muestra dividido por sitio de muestreo y categoría por sexo y edad. Para el análisis estadístico se descartó la categoría hembras después de segundo año debido a que solo se capturo un individuo durante el muestreo.

Tabla 2. Tamaño de muestra de cada sitio de muestreo dividido en categorías sexo/edad: Hembras después de segundo año (HASY), Hembras de segundo año (HSY), Machos después de segundo año (MASY) y Machos de segundo año (MSY).

Categoría sexo/edad	Sitio control (cQM)	Sitio intermedio (RRV)	Sitios contaminados		Total
			Jal principal (JH)	Jal secundario (JRV)	
HASY	0	0	1	0	1
HSY	2	0	4	1	7
MASY	5	6	4	6	21
MSY	2	2	3	2	9
<i>Total</i>	9	8	12	9	38

Las variables de respuesta que se utilizaron en el análisis estadístico dependieron de los datos crudos obtenidos. Se descartó el número de desplazamiento en el suelo debido a que la mayoría de los individuos no realizaron este comportamiento (Figura 3).

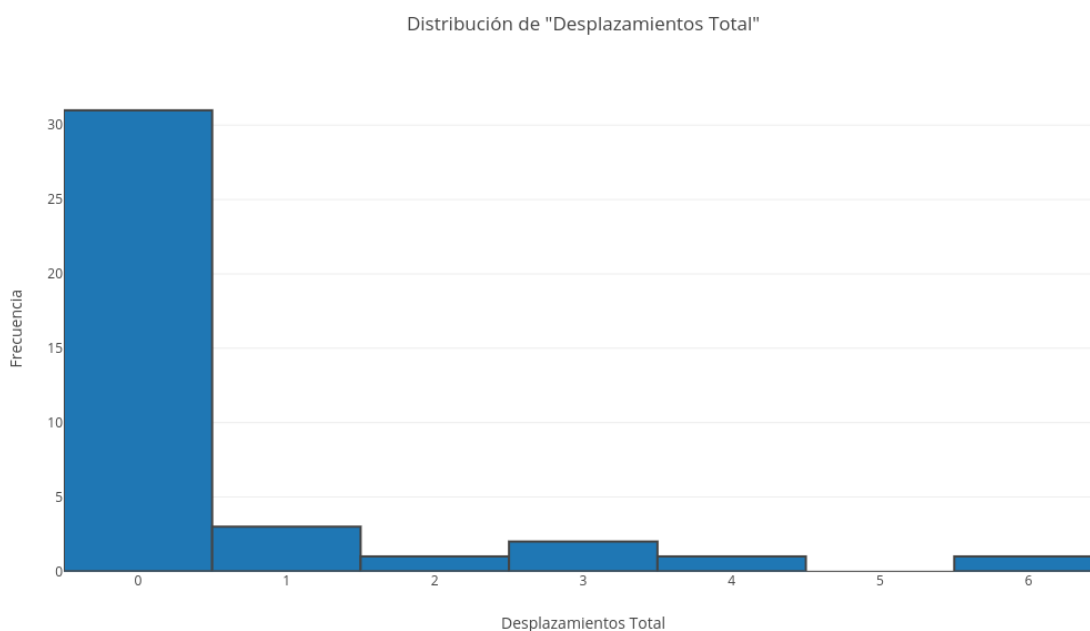


Figura 3. Distribución del total de desplazamientos en el piso.

En la tabla 3 se muestran las variables de respuesta que se utilizaron en el análisis estadístico, para más detalle ver Anexo 2.

Tabla 2. Descripción de las variables de respuesta.

Variables de respuesta	Descripción
Frecuencia total de superficies tocadas	Numero de superficies en que percho el ave (4 paredes, techo, piso, y 4 perchas).
Tiempo de primera a ultima superficie	Tiempo total desde que tocó la primera superficie hasta que tocó la última superficie durante la prueba.
Tasa de vuelos	Número de vuelos totales / Tiempo visible durante la prueba de exploración.
Tasa de escaneos oculares	Tiempo de escaneo / Tiempo visible durante la prueba de exploración.
Tasa de picoteo de anillos	Tiempo en manipular los anillos con el pico y de acicalamiento/ Tiempo visible durante la prueba de exploración.

8.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se realizó una exploración de datos con las variables explicativas y de respuesta con histogramas, boxplots y gráficas de dispersión para conocer su distribución y variación. Se analizaron además dos variables potenciales de confusión (hora de captura y tiempo en cautiverio antes de la prueba conductual) para descartar la posibilidad de que interfieran con la relación de las variables de respuesta con el efecto del sitio y si fuera así, incluirlos como covariables en los modelos. Realizando boxplots y graficas de dispersión con cada una de las variables de respuesta dentro de cada sitio, no encontramos ninguna relación aparente, por lo que no los incluimos en los siguientes análisis.

Para cada variable de respuesta se propuso un modelo con 2 variables explicativas - Sitio (4 niveles: Jal de Huautla, Jal de Rancho Viejo, Sitio intermedio, y Sitio control) y categoría sexo/edad (3 niveles: Machos de segundo año, hembras de segundo año, machos después del segundo año) - y su interacción. Se excluyó a la única hembra de después de segundo año colectada en el jal de Huautla. La subrepresentación de las hembras después de segundo año

puede ser debido a que el experimento se llevó a cabo durante la temporada de construcción de nidos. Las hembras son las que tejen el nido (Jaramillo y Burke, 1999).

Se aplicó un modelo lineal para cada una de las variables de respuesta y se evaluó gráficamente los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza de los residuales. Para la tasa de vuelos y la proporción de escaneo ocular, estos supuestos no se cumplieron por lo que se aplicó una transformación logarítmica a estas variables. Después se realizó una prueba de modelo nulo; se comparó cada uno de los modelos de las variables de respuesta con un modelo que no tuviera ninguna variable explicativa para así saber si nuestro modelo principal era significativo. Si la prueba de modelo nulo resultaba significativa se realizaba una remoción paso a paso del primer modelo para poder obtener el modelo final en el cual solo quedarán las variables significativas, empezando por la interacción (Forstmeier y Schielzeth 2011). Todos los análisis estadísticos se hicieron en el programa R y el interfaz R Studio (R Core Team, 2019; RStudio Team, 2016).

9. RESULTADOS

Los datos obtenidos de la prueba de modelo nulo para cada una de las variables establecidas se encuentran en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de pruebas de modelo nulo

VARIABLES DE RESPUESTA	GL	Suma de cuadrados	P
1. Superficies Total	10	19.91	0.9227
2. Tiempo de primera a última superficie	10	309746	0.4559
3. Tasa de vuelos Totales	10	9.101	0.002866 **
4. Tasa de escaneos oculares	10	0.18371	0.8072
5. Tasa de picoteo de anillos	10	-0.32963	0.1114

Como resultado de las pruebas de modelo nulo, se obtuvo que no hay un efecto significativo de la comparación entre el modelo completo y el modelo nulo para las variables de superficies totales, tiempo de primera a última superficie, tasa de escaneos oculares y tasa de picoteo de anillos. Esto significa que su variación durante la prueba de ambiente novedoso no depende del sitio o de la categoría sexo/edad, ni de la interacción de ambas variables explicativas.

Sin embargo, para la variable de respuesta “tasa de vuelos” con transformación logarítmica se obtuvo como resultado en la prueba de modelo nulo un efecto significativo del modelo completo, lo cual indica que alguna(s) de las variables explicativas tienen un efecto y para determinarlo se realizó una ANOVA al modelo (Tabla 5).

Tabla 5. Valores del ANOVA que se realizó al comparar un modelo completo con un modelo de una sola variable para el análisis de la “tasa de vuelos” con transformación logarítmica.

Variable Explicativa	GL	Suma de cuadrados (SC)	P _{anova}	P _{remoción}
Sitio (nivel de contaminación)	3	2.2374	0.11218	---
Categoría sexo/edad	2	3.0658	0.02052	---
Interacción sitio*sexo/edad	5	3.7978	0.08014	0.0483 *

En la tabla 5 se muestran los valores que se obtuvieron al realizar la ANOVA al modelo completo. Se observa que al quitar la interacción empeora significativamente el poder explicativo del modelo, por lo que hay un efecto significativo de la interacción. Dado este resultado, evaluamos si había diferencia entre sitios de muestreo dentro de cada categoría sexo/edad usando las medias marginales estimadas del modelo con el paquete “emmeans” (Russell, 2018).

Tabla 6. Comparaciones pareadas entre el logaritmo de la tasa de vuelos por segundo entre sitios dentro de cada categoría sexo/edad (ver texto de resultados). Dado que no hubo hembras de segundo año capturadas en el sitio control (cQM), no se hicieron comparaciones con ese sitio.

*= diferencia significativa, ^m= diferencia marginal.

a) Hembras de Segundo Año				
Comparación	Estimado	Error estandar	Z	P
JH-JRV	0.0779	0.6522	0.119	0.9049
JH-RRV	0.2130	0.4456	0.478	0.9049
JH-cQM	---	---	---	---
JRV-RRV	0.1351	0.6736	0.201	0.9049
JRV-cQM	---	---	---	---
RRV-cQM	---	---	---	---
b) Machos Después de Segundo Año				
JH-JRV	-0.223503	0.3766019	-0.593	0.8136
JH-RRV	-0.0922646	0.3913762	-0.236	0.8136
JH-cQM	-0.5948515	0.3766019	-1.58	0.4645
JRV-RRV	0.13123841	0.3532839	0.371	0.8136
JRV-cQM	-0.3713486	0.336843	-1.102	0.5405
RRV-cQM	-0.502587	0.3532839	-1.423	0.4645
c) Machos de Segundo Año				
JH-JRV	-2.1320734	0.5325955	-4.003	0.0004*
JH-RRV	-0.8653182	0.5325955	-1.625	0.1251
JH-cQM	-1.1362931	0.5325955	-2.134	0.0658^m
JRV-RRV	1.26675517	0.5834292	2.171	0.0658^m
JRV-cQM	0.99578028	0.5834292	1.707	0.1251
RRV-Cqm	-0.2709749	0.5834292	-0.464	0.6423

Como se puede observar en la tabla 6, las comparaciones pareadas entre sitios dentro de cada categoría sexo/edad para la variable de respuesta “tasa de vuelos” muestran que en la categorías hembras de segundo año y machos después de segundo año no hubo diferencias significativas entre sitios. Sin embargo, en la categoría “machos de segundo año” se

encontraron tres diferencias significativas o marginalmente significativas entre sitios: la tasa de vuelos fue significativamente menor en JH que en JRV y marginalmente menor que en cQM, y fue marginalmente mayor en JRV que en RRV (Tabla 6, Gráfica 2).

No se encontró diferencia significativa en la tasa de vuelos en las hembras de segundo año, ni en los machos de después de segundo año entre los sitios de muestreo (Figura 4), Sin embargo, para la categoría machos de segundo año sí hubo diferencia significativa entre los sitios (Figura 4). Los machos de segundo año de los dos sitios de menor contaminación, Quilamula y del Río Rancho Viejo, tuvieron tasas de vuelo similares entre si e intermedios comparado con los otros dos sitios. Los machos del jal de Rancho Viejo tuvieron una tasa elevada de vuelos, que fue significativamente mayor que la tasa de vuelo de los machos de los del Río Rancho Viejo y el Jal de Huautla. Sin embargo esta tasa de vuelos no difirió de la de los machos de Quilamula. Finalmente, los machos del jal de Huautla tuvieron una tasa de vuelos significativamente menor que los machos del Jal de Rancho Viejo y del sitio control de Quilamula.

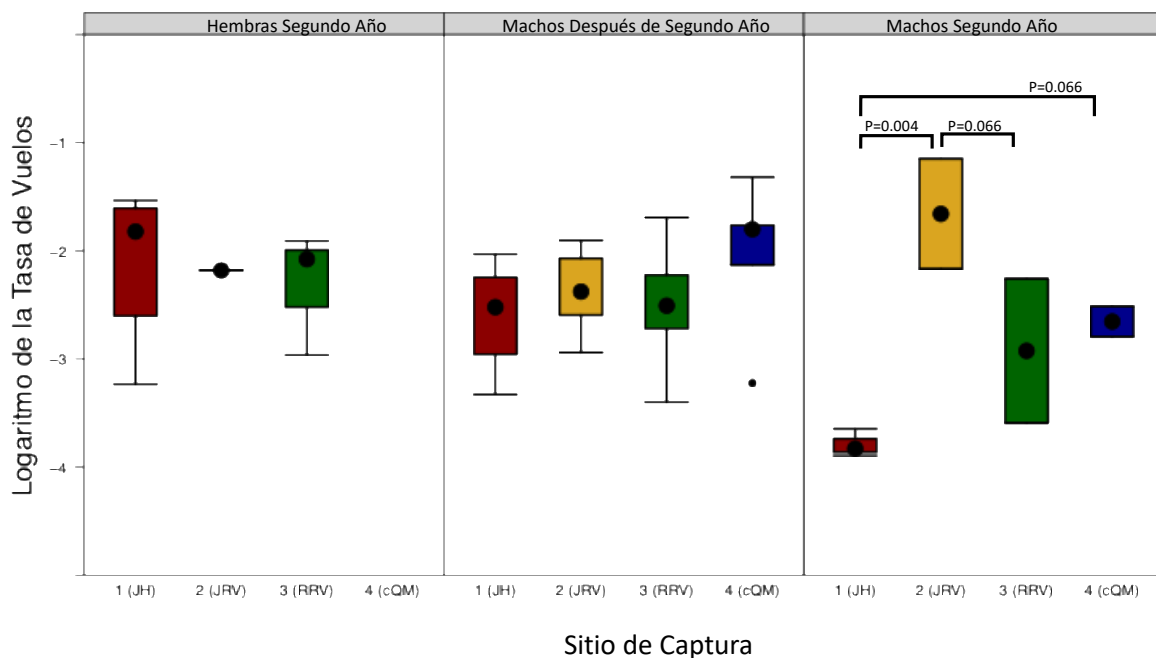


Figura 4. Tasa de Vuelos (con transformación logarítmica) entre los sitios de muestreo, JH: Jal de Huautla, JRV: Jal de Rancho viejo, RRV: Río Rancho viejo y cQM: Quilamula (sitio control). El orden de los sitios está desde más a menos contaminado, de izquierda a derecha. Los corchetes indican que hay diferencia significativa (o marginal) entre los sitios. El valor de P de la comparación pareada está indicada arriba de los corchetes. Los resultados completos de las comparaciones pareadas están en la Tabla 6.

10. DISCUSIÓN

Con este proyecto se buscó evaluar los efectos de la exposición crónica a los metales pesados presentes en los desechos mineros en la conducta de exploración de *I. pustulatus*. La predicción era que los individuos capturados en los sitios con los desechos de la minería (JH y HRV) tendrían una menor exploración en comparación al sitio intermedio río abajo (RRV) y el sitio control río arriba (cQM). También se consideró la posibilidad de que la conducta exploratoria y/o el efecto de sitio variaran dependiendo del grupo sexo/edad. Después del análisis de datos, encontramos apoyo parcial de estas predicciones. Para la mayoría de las variables de respuesta (total de superficies tocadas, duración de tiempo entre la primera y la última superficie tocada, tasa de escaneos oculares y tasa de picoteo de anillos), no hubo efecto de sitio ni de la categoría sexo/edad. Sin embargo, para la variable tasa de vuelos fue significativa la interacción de sitio con sexo/edad, en donde los machos de segundo año de JH tuvieron un menor número de vuelos en comparación al JRV y el sitio control cQM. Además los individuos de JRV tuvieron un mayor número de vuelos en comparación al JH y al sitio intermedio RRV. En otras palabras, la tasa de vuelos de los machos de segundo año fue deprimido en el jal principal, elevado en el jal secundario, y se estabilizó en un valor intermedio en el sitio río abajo de los jales y el sitio control.

Antes de analizar estadísticamente las variables de respuesta se descartó el “desplazamientos en el suelo”, ya que la mayoría de los individuos (el 79%) durante la prueba no realizaron este comportamiento. Debido a este resultado se pudo concluir que la especie *I. pustulatus* no tiende a desplazarse en el suelo. Esto es consistente con descripciones conductuales en guías de campo como Jaramillo y Burke (1999), ya que se menciona que esta especie frecuenta árboles con flor o frutos para alimentarse de néctar, frutos e insectos. Además de que sus actividades de anidación ocurren en el dosel.

Para la variable “superficies tocadas” no hubo efectos de sitio ni de la categoría sexo/edad, ni de su interacción. Esta variable se cuantificó para determinar que tanto el individuo explora su ambiente a través del desplazamiento, suponiendo que los individuos que tocan la mayoría de las superficies tenderían a ser más activos en la exploración. Para poder sustentar esta variable también se midió el “tiempo de primera a última superficie,” la cual mide la duración de tiempo total entre la primera y última superficie tocada durante la

prueba. Es importante tomar en cuenta ambas variables ya que hay individuos que tocan el mismo número de superficies pero varía el tiempo en que tardaron en tocarlas, debido a esto se podría subestimar el nivel de exploración. Al medir el tiempo en tocar las superficies se obtiene realmente que tanto se movieron en el espacio, reflejando si su exploración les requirió un menor o mayor tiempo, siendo diferentes en su comportamiento al explorar un ambiente novedoso. Sin embargo, no hubo ninguna diferencia significativa entre sitios, ni categoría sexo/edad, ni en su interacción de estas variables. Una posible explicación para esta falta de efecto podría ser el tiempo total de evaluación para estas variables. Es posible que la duración de la prueba haya sido demasiado larga, lo cual podría “saturar” la variable de número de superficies al permitir que muchos individuos tocaran la mayoría de las superficies. Sin embargo, solo el 25% de los individuos tocaron entre 8 y 10 del total de 10 superficies, lo cual sugiere que el tiempo de prueba no explica por qué esta prueba no fue significativa. Para explorar de forma más fina la variable de “superficies tocadas,” se podrían cuantificar con mayor detalle las superficies tocadas, por ejemplo, registrando como superficies distintas los dos lados de la misma percha, cuantificando los movimientos entre lados de la misma percha y evaluando las posibles correlaciones entre estas variables.

La siguiente variable que se evaluó durante la prueba fue el “tiempo de escaneo”. En este estudio no hubo una diferencia significativa entre sitios, la categoría sexo/edad, ni de su interacción. Esta conducta es relativamente pasiva, lo cual permite a los individuos explorar sin tener un gasto energético. Es por eso que Huang *et al.* (2015) menciona la importancia de evaluar esta variable, ya que el rastreo visual es una conducta clave de la exploración aviar para obtener información sobre el entorno. Por lo tanto, los niveles de contaminación podrían no ser lo suficientemente altos para afectar esta conducta. También existe la posibilidad de que los individuos que padezcan algún daño sistémico tan fuerte que perjudique a esta conducta no logren sobrevivir hasta la vida adulta. Se han realizado pocos estudios para esta variable, y estos resultados no son directamente comparables con el trabajo de Huang (2015), ya que en este estudio se midió el tiempo dedicado a escanear en lugar de la frecuencia.

La variable de respuesta “tasa de picoteo de anillos” indica el tiempo que dedicaban los individuos a acicalarse, incluyendo el picotear los anillos, durante la prueba como un posible indicador de estrés. Para esta variable tampoco hubo efecto de sitio, sexo/edad, ni su

interacción. En otros estudios se ha comprobado que el acicalamiento frecuentemente es un comportamiento reconfortante ante situaciones de estrés (Marañón, 2017), sin embargo, la mayoría de los estudios son en cautiverio, y esta variable es menos estudiado en animales de vida libre. Hay un estudio de Henson *et al*, 2011 en el cual se midió el comportamiento de gaviotas que se encontraban ante situaciones de estrés por un depredador aéreo. Ahí cuantificaron la frecuencia de individuos que se acicalaban durante y después de la presencia del depredador. En este estudio se encontró que en promedio hubo más individuos acicalándose en presencia del depredador que después. Por lo tanto, se concluyó que las gaviotas usan el acicalamiento como una conducta de confort, ante el estrés por presencia del depredador. Sin embargo, en mi estudio, no es claro si la manipulación de los anillos es más comparable con una conducta de acicalamiento (una conducta reconfortante, expresando el estrés), o más ligado a la reacción a objetos novedosos (noefobia/neofilia). En un estudio en donde se midió el impacto inmediato del anillamiento en *Cyanistes caeruleus*, se observó que todos los individuos presentaban una inmediata irritación por portar por primera vez los anillos, picoteándolos constantemente en excepción de un individuo el cual era una recaptura que ya llevaba tiempo con los anillos en las patas. Fue el único que no realizó este comportamiento y al agregarle otro anillo el individuo no picoteó el nuevo objeto (Schlicht y Kempenaers, 2018). Esto nos puede indicar que posiblemente este comportamiento solo sea una reacción a corto o largo plazo de portar algo nuevo en su cuerpo y que la reacción a algo novedoso en el cuerpo puede variar entre individuos. Sería interesante estudiar si hay una relación entre el acicalamiento y el picoteo de anillos como un comportamiento reconfortante o tomarlo como una medición de que tanto estrés pueda haber entre los individuos dependiendo el sexo y la edad. Si se obtuvieran resultados significativos podría agregarse como una medición de estrés para evaluar su umbral ante la situación por exposición a contaminantes como los metales pesados. También se podría realizar una recaptura y medir la frecuencia del picoteo de los anillos relacionándolo con el comportamiento de acicalamiento ante una situación de estrés, o realizar observaciones en campo para comprobar si logran acostumbrarse a los anillos. Esto podría ayudar a medir de manera indirecta si los individuos de ciertos sitios se encuentran más estresados.

Para la variable de repuesta “tasa de vuelos” se obtuvo un efecto significativo de la interacción entre sitio y la categoría sexo/edad. Se encontró que la categoría hembras de

segundo año y machos después de segundo año no presentaron diferencias significativas entre los sitios, pero para la categoría machos de segundo año si se obtuvo tres diferencias significativas entre sitios. La tasa de vuelos de los individuos en el sitio más contaminado JH fue menor que en los individuos del sitio intermedio RRV y que en el sitio control cQM, tal y como se esperaba en nuestra predicción. Sin embargo, el segundo sitio más contaminado, JRV, aumento por arriba de lo esperado, y fue significativamente mayor que en el sitio más contaminado JH y del sitio intermedio RRV. En los dos sitios menos contaminados, la tasa de vuelos fue semejante entre si y a la tasa de vuelos en los demás grupos de sexo/edad, en donde no hubo efecto de sitio. Los individuos del JH, el cual presenta mayor concentración de metales pesados, tuvieron una menor tasa de vuelos que los individuos del JRV. Varios estudios han registrado los efectos por intoxicación aguda o crónica a diferentes concentraciones de algunos metales pesados, como lo es el plomo y cadmio, en el comportamiento de niños (Thatcher *et al.*, 1982, Matte, 2003, Aparicio, 2009). Estos estudios reportaron que cuando la intoxicación es en dosis relativamente altas ocasiona aletargamiento y disminución en la capacidad de concentración y cuando la intoxicación es de manera crónica en dosis bajas ocasiona hiperactividad y, en ocasiones, agresividad, pero algunos desconocen cuándo ocurrió la exposición durante el desarrollo infantil o la duración o la intensidad de la exposición. En el JH y JRV también se han registrado altas concentraciones y la biodisponibilidad del cadmio, el manganeso y el zinc (Volke-Sepúlveda y Velasco-Trejo, 2004). También se informó sobre una asociación significativa entre la presencia del trastorno por déficit de atención e hiperactividad en niños y niveles elevados de plomo, manganeso y zinc en sangre (Yousef, *et al.*, 2011). En animales se ha observado respuestas conductuales deprimidas o hiperactividad dependiendo de la concentración del metal. En crías de hamsters dorados machos, se reportó que a dosis intermedias de acetato de plomo en el agua (25 ppm), los animales fueron más agresivos que a dosis más altas (400 ppm) y que al control (0 ppm; Cervantes *et al.*, 2005).

Los efectos de aletargamiento e hiperactividad que se han observado en este estudio pueden deberse al efecto neurotóxico de ciertos metales en específico o a las mezclas presentes. No podemos determinar cuáles son las dosis específicas que han consumido los individuos y que posiblemente esto ocasione una respuesta distintiva en su comportamiento, pero si se ha demostrado que el jal de Huautla presenta las mayores concentraciones de la

zona, así que las dosis pueden llegar a ser más altas que las del Río Rancho viejo. Además, hay diferentes mecanismos por los cuales *I. pustulatus* posiblemente se esté intoxicando, como puede ser, el agua, su alimento, el suelo, el aire, entre otros. Así que las dosis van a variar constantemente, lo cual también dependerá de la susceptibilidad de su organismo ante estos metales. En este estudio y en otras investigaciones se aprecia que en diferentes especies de animales, los machos son más susceptibles a presentar cambios en el comportamiento por contaminación de metales pesados y que la etapa de exposición es muy importante al igual que las dosis ya que el efecto puede persistir hasta la vida adulta (Cervantes *et al.* 2005, Rodríguez, et al., 2001). Debido a esto, sería importante realizar estudios toxicológicos en las plumas de los individuos capturados para observar si los individuos presentes en el jal de Huautla presentan elevadas concentraciones en las plumas a diferencia de los individuos del jal Rancho viejo y también realizar la comparación con el sitio de Río Rancho viejo ya que se encuentra río abajo, debido al deslave de los jales en épocas de lluvia esta zona pueda contaminarse e ir presentando concentraciones elevadas de metales pesados ocasionando efectos semejantes a los ya mostrados en este estudio en el comportamiento de *I. pustulatus*.

11. CONCLUSIÓN

El vivir cerca de los Jales de Huautla y los Jales de Rancho Viejo tuvo efecto sobre aspectos de conducta en la exploración de *Icterus pustulatus*. En este proyecto no todas las variables que se consideraron presentaron una diferencia significativa entre sitios, la categoría sexo/edad, ni de su interacción, solo para la variable de tasa de vuelos, hubo un efecto significativo de la interacción. Se observó que los machos de segundo año fueron los únicos afectados. Los individuos que estaban expuestos a los jales de Huautla presentaron aletargamiento, mientras que los de jales de Rancho Viejo presentaron hiperactividad comparado con los dos sitios menos contaminados, que fueron similares entre sí. Este patrón es consistente con datos en humanos, y en animales, donde los efectos dependieron del tipo de metal al que se encontraban expuestos, el tiempo de exposición, la dosis y la etapa de vida. Los efectos podrían deberse a un metal en específico como es el plomo o al conjunto de metales al que se encuentren expuestos estos individuos, ocasionando diferentes efectos en el comportamiento dependiendo de las dosis a las que se exponen. Esto podría ocasionar una menor actividad en su exploración como se ha visto por los efectos al plomo y al arsénico o pueden presentar hiperactividad y agresión por concentraciones mínimas de manera crónica como se ha visto por la exposición al plomo y otros metales como es el cadmio, manganeso y zinc.

12. PERSPECTIVAS

Durante el desarrollo de este proyecto de investigación me di cuenta que hay muy poca información sobre los efectos ocasionados por metales pesados en vida silvestre, analizándolo desde el aspecto del comportamiento animal. Para futuras investigaciones sobre esta línea propondría lo siguiente:

- ❖ Realizar pruebas de comportamiento ante un ambiente novedoso en individuos juveniles para poder observar si hay un efecto de la exposición a los metales pesados durante su desarrollo.
- ❖ Realizar la prueba de ambiente novedoso sin anillar a los individuos para que las aves se enfoquen únicamente en explorar la arena y poder medir los acicalamientos como un comportamiento reconfortante. Si se decide anillar a los individuos por cuestiones metodológicas sería interesante profundizar con pruebas de personalidad en donde se estudie la reacción de los individuos ante la neofilia.
- ❖ Hacer recapturas para observar la consistencia del comportamiento en los individuos.
- ❖ Hacer pruebas en donde se mida el temperamento de los individuos, midiendo el nivel de agresividad o ataque para defender su territorio. Esto se podría realizar experimentalmente simulando intrusiones de aves en el territorio. Por ejemplo, con aves disecadas, y registrando la respuesta ante la intrusión.

13. ANEXO


Anexo 1. Hoja de registro de los individuos capturados.

Nota: Esta hoja presenta la toma de otras muestras del individuo debido a que este proyecto es complementario de otro proyecto.

Fecha: _____ Sitio: _____ Hora inicio: _____ Hora final: _____ Muestra suelo: _____
 Coordenadas Ref: Lat: _____, Long: _____ Observadores: _____

#	Hora red	Especie	Sexo (Como)	Anillos		Prueba Conducta	Pect (0-3)	Masa (g)	Tarsos (mm)		Alas (mm)		Sangre Hematocrito (mmGR) (mmTot)	Archivos Fotos Color (Izq, Der, Dors, Vent)	Regiones Plumaz
				#	Def				Izq	Der	Izq	Der			
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															

Sexo: M=Macho, H=Hembra, Como Sexo: P=plumaje, I=Parche de Incubación (Hembra), C= Protuberancia cloacal (Macho)
 Color anillos: N=negro, V= verde, B= blanco, A=azul, R=rojo, Y=amarillo
 Score Músculo pectoral: 0-3



Anexo 2. Criterios para cuantificar las variables establecidas.

Criterios para la definición de conductas para el análisis de pruebas de entorno novedoso

Fase 1: desplazamientos y superficies

1) Superficies tocadas:

- a. Se registra la primera vez que el individuo **se percha** o **se agarra** en cada una de las diez posibles superficies dentro del entorno (4 paredes, techo, piso, y 4 perchas), anotando el tiempo dentro del recuadro a lado de cada letra/percha en el diagrama. Se anota el tiempo en que tocó por primera vez la superficie.
- b. Si el ave toca una superficie pero rebota o no percha sobre ella, **no se cuenta**.

2) Desplazamientos en piso: consiste en dos tipos de movimientos-brincos y caminatas. Estos dos tipos de movimientos se anotan en la columna de “Desplazamientos en piso”, sin diferenciar entre ellos.

- a. Brincos: se cuenta cada conjunto de brincos con el cual el ave se desplaza horizontalmente, desde que se levanten las patas del suelo hasta que deje de desplazarse por **al menos un segundo**. **No se cuenta cada brinco** como “brinco” separado, sino la pauta o conjunto de brincos.
 - i. Si el ave solo se reacomoda o cambia de orientación pero no se desplaza en el plano horizontal, **no se cuenta**
 - ii. Si el movimiento es de una sola pata y el ave no se levanta del piso, **no se cuenta**
- b. Caminatas: se cuenta como una “caminata” cada conjunto de pasos completos (con ambas patas) con el cual el ave se desplaza horizontalmente.
 - i. Se cuenta como una caminata desde que el ave toma un primer paso hasta que se deje de mover al menos un segundo. **No se cuenta cada paso** como “caminata” separada, sino la pauta o

conjunto de pasos. Se cuenta como una nueva caminata cuando el ave pausa ≥ 1 segundo antes de iniciar una nueva serie de pasos.

- ii. Si el ave solo levanta o reacomoda una pata o gira en su eje, **no se cuenta**.

- c. **Solo se cuentan estos tipos de movimientos cuando ocurren en el piso, NO cuando ocurren sobre una percha.**

3) Vuelos: Movimientos horizontales o verticales (ascendentes o descendentes) en el aire, entre paredes, techo, piso, o entre perchas, incluyendo cuando despegar y aterriza en la misma superficie. Se termina el vuelo cuando se percha y deja de aletear activamente (puede quedarse con las alas abiertas).

- a. Se cuenta como un vuelo desde que el ave se despegar (con ambas patas) de la superficie donde se encuentra hasta que aterriza sobre la misma u otra superficie.
- b. Es común que el ave se despegar y rebota de una o más superficies antes de que finalmente aterrice- se cuenta como un solo vuelo hasta que se aterriza/percha sobre una superficie (e.g. si el ave se despegar del techo, se deja caer un poco, vuela hacia la pared izquierda, rebota, y cae o sigue volando hasta llegar el piso, todo el movimiento se cuenta como un solo vuelo).
- c. Si el ave empieza y termina un vuelo en el piso, se diferencia un “vuelo” de un brinco o caminata por el movimiento de alas; cuando el ave aletea 2 veces o más, se considera vuelo. Si el ave no aletea, o solo aletea una vez, se considera “desplazamiento en piso”.
- d. Si el ave se desplaza entre perchas, aunque no abra las alas, cuenta como vuelo.

4) Ambas categorías de movimientos se dividen entre lo que ocurre antes de abrir la puerta del túnel de escape (primera fila en la tabla) y lo que ocurre después de abrir la puerta del túnel. Hay que tener cuidado de dividir apropiadamente los tiempos y no seguir anotando en la primera fila durante toda la prueba. Esto tiene

- ii. Si el individuo solo observa hacia una dirección, **no cuenta como escaneo**, comúnmente sucede esto cuando el ave quiere volar hacia otro punto de la arena (e.g. El ave se encuentra perchada en la superficie de enfrente, gira la cabeza más de 45° en dirección hacia la superficie de atrás, sin dar continuidad a la observación, vuela hacia ese punto. **No cuenta como escaneo**).
 - b. **Anillos**: Se marca esta clase cuando el ave picotea los anillos de las patas o acicala sus plumas, ya que estos dos comportamientos pueden ser indicadores de estrés.
 - c. **Invisible**: Se registra el tiempo no visible durante la prueba en el momento en que la cabeza del ave no se puede observar.
 - i. En ocasiones solo se alcanza a ver su cuerpo, pero si no se ve su cabeza cuenta como invisible.
 - ii. Al final se resta el tiempo no visible para poder obtener el tiempo real de la prueba.
 - d. **Stop**: Se utiliza para indicar el inicio de la prueba y para marcar cada vez que el ave termina de realizar cada clase.
 - i. En ocasiones el ave intercala escaneos con anillos, para esas ocasiones **no se indicara “stop”** entre clases, se marcaran las clases que esté realizando de manera continua hasta que el ave lleve a cabo otra acción, hasta entonces ya se podrá indicar stop.
- 3) Para indicar que la prueba ha terminado, se hará click en “End coding”.
 - 4) Es importante que el tiempo de inicio y término de cada prueba sea registrada ya que al final se obtendrá el tiempo total dedicado al escaneo y a los anillos.
 - 5) La prueba termina cuando: a) se cierra por completo la puerta del túnel **ó** b) la persona **empieza** a decir que se termina la prueba, **ó** c) si el ave entra al túnel de escape, **el que ocurra primero**. Cualquier conducta que **empiece antes** de terminar la prueba **se cuenta**.

Anexo 3. Hoja de datos para análisis de videos conductuales. Fase1: desplazamientos y superficies.

Hoja de datos para análisis de videos conductuales Huautla Fase 1: desplazamientos y superficies

Observador: _____ Archivo: _____ Fecha análisis: _____

Tiempo al abrir caja: _____

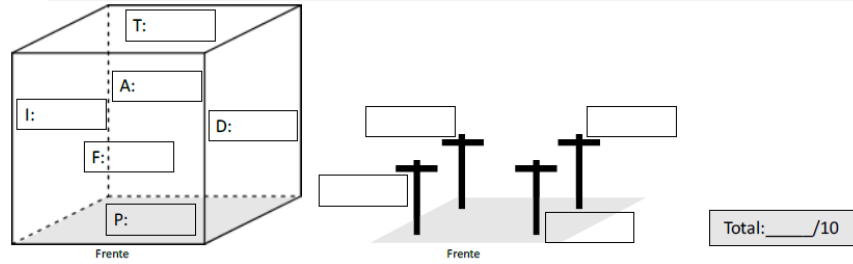
Tiempo al abrir túnel: _____

Tiempo al salir ave: _____

Tiempo al terminar prueba: _____

Tiempos conducta no visible: _____

Superficies:



	Desplazamientos en piso	Vuelos
Antes		
Después		
Tots.	Antes: _____, Despues: _____, Total: _____	Antes: _____, Despues: _____, Total: _____

Notas: _____

14. LITERATURA CITADA

- Aparicio-Effen, M. 2009. Los riesgos de la contaminación minera y su impacto en los niños. *Tinkazos*. 12(27), 83-101.
- Arroyo, H.A. y M.C. Fernández. 2013. Tóxicos ambientales y su efecto sobre el neurodesarrollo. *Medicina (Buenos Aires)*, 73(1), 93-102.
- Atchinson, G. J., Henry M. G. y M. B. Sandheinrich. 1987. Effects of metals on fish behavior: a review. *Environmental Biology of Fishes*, 18, 11-25.
- Baos, R., Jovani, R., Pastor, N., Tella, J. L., Jiménez, B., Gómez, G., *et al.* 2006. Evaluation of genotoxic effects of heavy metals and Arsenic in wild nestling White storks (*Ciconia ciconia*) and Black kites (*Milvus migrans*) from southwestern Spain after a mining accident. *Environ Toxicol Chem.* 25(10): 2794-2803.
- En: Parra-Ochoa, E. 2014. Aves silvestres como bioindicadores de contaminación ambiental y metales pesados. *CES Salud Pública*. 5: 59-69.
- Barats, A., Orani, A.M., Renac, C., Goudour, J.P., Durrieu, G., Saint-Martin, H., Esteller, M.V. y S.E. Garrido-Hoyos. 2016. Behaviour and mobility of arsenic in a Mexican hydrosystem impacted by past mining activities. *Arsenic Research and Global Sustainability*. 191-192.
- Barats, A., Renac, C., Orani, A. M., Durrieu, G., Martin, H. S., Esteller, M. V. y S. E. Garrido-Hoyos. 2020. Tracing source and mobility of arsenic and trace elements in a hydrosystem impacted by past mining activities (Morelos state, Mexico). *Science of The Total Environment*. 712(10).
- Berlanga H., H. Gómez de Silva, V. M. Vargas-Canales, V. Rodríguez-Contreras, L. A. Sánchez-González, R. Ortega-Álvarez y R. Calderón-Parra. 2017. Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes. CONABIO, México D.F.
- Bonithon-Kopp, C., Huel, G., Moreau, T. y R. Wendling. 1986. Prenatal Exposure to Lead and Cadmium and Psychomotor Development of the Child at 6 Years. *Neurobehavioral toxicology and teratology*. 8(3): 307-310. En: Aparicio Effen, M. 2009. Los riesgos de la contaminación minera y su impacto en los niños. *Tinkazos*. 12(27), 83-101.
- Brown, R. E., Brain, J. D. y N. Wang. 1997. The avian respiratory system: a unique model for studies of respiratory toxicosis and for monitoring air quality *Environ. Health Perspect.* 105:188–200. En: Sanderfoot, O.V. y T. Holloway. 2017. Air pollution impacts on avian species via inhalation exposure and associated outcomes. *Environ. Res. Lett.* 12.

- Burger, J. y M. Gochfeld. 2000. Effects of lead on birds (Laridae): a review of laboratory and field studies *J. Toxicol. Environ. Health B.* 3:59–78.
- Cámara Minera de México. Informe Anual 2017. LXXX Asamblea General Ordinaria. URLC <https://camimex.org.mx/>.
- Cervantes, C. y Moreno, R. 1999. Contaminación ambiental por metales pesados impacto en los seres vivos. AGT S. A. México. 289p.
- Cervantes, M. C., David, J. T, Loyd, D. R., Salinas, J. A. e Y. Delville. 2005. Lead exposure alters the development of agonistic behavior in golden hamsters. *Developmental Psychobiology* 47(2):158-165.
- Clotfelter, E. D., Bell, A. M., y K. R. Levering. 2004. The role of animal behaviour in the study of endocrine-disrupting chemicals. *Animal Behaviour*, 68, 665-676.
- Corman, T., y G. Monson. 1995. First United. States nesting records of the Streak-backed. Oriole. *Western Birds* 26:49–53.
- Deville, Y. 1999. Exposure to lead during development alters aggressive behavior in golden hamsters. *Neurotoxicology and Teratology.* 21, 445-449.
- Dingemanse, N.J., Both, C., Drent, P.J., Oers, K.V. y J.V. Noordwijk. 2002. Repeatability and heritability of exploratory behavior in great tits from the wild. *Animal Behaviour.* 64:929–938.
- Domjan, M. 2010. Principios de aprendizaje y conducta. (6° ed.). Wadsworth. México, D.F. 14p.
- CONANP 2005. Programa de conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla. México. 207p.
- Esteller, M.V., Domínguez-Mariani, E., Garrido, S.E. *et al.* 2015. Groundwater pollution by arsenic and other toxic elements in an abandoned silver mine, Mexico. *Environ Earth Sci* 74, 2893–2906.
- Forstmeier, W. y H. Schielzeth. 2011. Cryptic multiple hypotheses testing in linear models: overestimated effect sizes and the winner's curse. *Behav Ecol Sociobiol.* 65:47–55.
- Gall, M.D. y E. Fernández-Juricic. 2010. Visual fields, eye movements, and scanning behavior of a sit-and-wait predator, the black phoebe (*Sayornis nigricans*). *J Comp Physiol A* 196:15–22.

- Garza, A., Chávez, H., Vega R. y E. Soto. 2005. Mecanismos celulares y moleculares de la neurotoxicidad por plomo. *Salud Mental*. 28(2):48-58.
- González-Flores, E., Tornero-Campante, M.A., Sandoval-Castro, E., Pérez-Magaña, A. y A.J. Gordillo-Martinez. 2011. Biodisponibilidad y fraccionamiento de metales pesados en suelos agrícolas enmendados con biosólidos de origen municipal. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 27(4): 291-301.
- Haig, S.M., D'Elia, J., Eagles-Smith, C., Fair, J.M., Gervais, J., Herring, G., Rivers, J.W. y J.H. Schulz. 2014. The persistent problem of lead poisoning in birds from ammunition and fishing tackle. 116: 408–428.
- Henson, S. M., Weldon, L. M., Hayward, J. L., Greene, D. J., Megna, L. C & M. C. Serem. 2012. Coping behaviour as an adaptation to stress: post-disturbance preening in colonial seabirds. *Journal of Biological Dynamics*. 6:17-37.
- Howell, S. y S. Webb. 1998. *A Guide to the Birds of Mexico and Central America*. Oxford University Press. 743, 748, 749.
- Huang, P., Kerman, K., Sieving, K.E. y C. M. S. Mary. 2015. Evaluating the novel-environment test for measurement of exploration by bird species. *J Ethol*. 34:45–51.
- Huang, P., Sieving, K. E. y C. M. S. Mary. 2012. Heterospecific information about predation risk influences exploration behavior. *Behav Ecol* 23:463–472.
- Janssens, E., Dauwe, T., Van Duyse E., Beernaert, J., Pinxten, R. y M. Eens. 2003. Effects of heavy metal exposure on aggressive behavior in a small territorial songbird. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 45(1): 121–127.
- Jaramillo, A. y P. Burke. 1999. *New World blackbirds, the icterids*. Princeton University Press, Princeton, NJ. 181-188p.
- Jordan-Price, J., Yunes-Jiménez, L., Osorio-Beristain, M., Omland, K.E. y T.G. Murphy. 2008. Sex-role reversal in song? Females sing more frequently than males in the streak-backed oriole. *The Condor*. 110(2): 387-392.

- Koivula, M.J. y T. Eeva. 2010. Metal-related oxidative stress in birds Environ. Pollut. 158, 359–70.
En: Sanderfoot, O.V. y T. Holloway. 2017. Air pollution impacts on avian species via inhalation exposure and associated outcomes. Environ. Res. Lett. 12.
- Lefcort, H., Meguire R. A., Wilson L. H. y W. F. Ettinger. 1998. Heavy metals alter the survival, growth, metamorphosis, and antipredatory behavior of Columbia spotted frog (*Rana luteiventris*) tadpoles. Environmental Contamination and Toxicology, 35, 447-456.
- Lovett, G.M., Tear, T.H., Evers, D.C., Findlay, S.E.G., Cosby, B.J., Dunscomb, J.K., Driscoll, C.T. y K.C. Weathers. 2009. Effects of air pollution on ecosystems and biological diversity in the eastern United States Ann. N.Y. Acad. Sci. 1162 99–135.
- Marañón-Murga, E. 2017. Estudios de farmacología conductual del flavonoide crisina en el afrontamiento al estrés agudo en ratas ovariectomizadas. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Orizaba.
- Martínez-Rivera, N., Gandur, M.J., Soria, N. y V.N. Riera de Martínez Villa. 2001. Evaluación de las alteraciones conductuales y dopaminérgicas en ratones con bajas concentraciones de plomo. Rev. Toxicol. 18: 87-91.
- Matte, TD. 2003. Effects of lead exposure on children's health. Salud Publica Mex. 45(2):220-224.
- Mejía, J., Carrizales, L., Rodríguez, V., Jiménez- Cpdeville, M. y F. Díaz-Barriga. 1999. Un método para la evaluación de riesgos para la salud en zonas mineras. Salud Pública de México. 4:132-140.
- Mettke-Hofmann, C., Rowe, K. C., Hayden, T. J. y V. Canoine. 2006. Effects of experience and object complexity on exploration in garden warblers (*Sylvia borin*). J Zool 268:405–413.
- Minderman, J., Reid, J. M., Hughes, M., Denny, M. J. H., Hogg, S., Evans, P. G. H. y M. J. Whittingham. 2010. Novel environment exploration and home range size in starlings *Sturnus vulgaris*. Behav Eco 21:1321–1329.
- Montiglio, P.O. y R. Royauté. 2014. Contaminants as a neglected source of behavioural variation. Animal Behaviour. 88:29-35.

- Moore, B. A., Doppler, M., Young, J. E. y E. Fernández-Juricic. 2013. Interspecific differences in the visual system and scanning behavior of three forest passerines that form heterospecific flocks. *J Comp Physiol A* 199:263–277.
- Moyes, C.D. y P.M. Schulte. 2007. Principios de fisiología animal. Pearson educación, S.A. Madrid, España.
- Muñoz, J. 1986. La minería en México. *Bosquejo histórico. Quinto Centenario*, 11:145-156.
- Murphy, T. G., Hernández-Muciño, D., Osorio-Beristain, M., Montgomerie, R. y K. E. Omland. 2009. Carotenoid-based status signaling by females in the tropica streak-backed oriole. *Behavioral Ecology*, 20, 1000-1006.
- Nava-Ruíz, C. y M. Méndez-Armenta. 2011. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Arch Neurocién Mex.* 16(3), 140-147.
- Ortega-García, J.A., Ferrís-Tortajada, J., Cánovas-Conesa, A. y J. Garcia-Castell. 2005. Neurotóxicos medioambientales (y II). Metales: efectos adversos en el sistema nervioso fetal y postnatal. *Acta Pediatr Esp* 2005; 63: 182-192.
- Pérez, A. 2009. The Mineral Industry of Mexico. US. Geological Survey Minerals Yearbook. 15.1-15.12.
- Price, J. J., Yunes-Jiménez, L., Osorio-Beristain, M., Omland, K. E., y T. G. Murphy. 2008. Sex-role reversal in song? Females sing more frequently than males in the streak-backed oriole. *The condor.* 110(2): 387–392.
- RCore Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Renner, MJ. 1990. Neglected aspects of exploratory and investigatory behavior. *Psychobiology* 18:16–22.
- Rodríguez, V.M., Carrizales, L., Jiménez-Capdeville, M. E., Dufour, L. y M. Giordano. 2001. The effects of sodium arsenite exposure on behavioral parameters in rat. *Brain Res Bull.* 15; 55(2): 301-308.
- Romero, F.M., Armienta, M. A. y L. Villaseñor. 2002. Evaluación de la peligrosidad potencial de jales mineros. *Geofísica Ambiental.* 22: 185-186 En: Hernández-Gómez, M. A. 2015. Estructura

de la comunidad de microartrópodos a través de un gradiente de contaminación por metales pesados en Huautla, Morelos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de México. UNAM.

RStudio Team. 2016. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA. URL <http://www.rstudio.com/>.

Russell, L. 2018. emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.2.3. <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>.

Salinas, E., Rivera, I., Carrillo, F.R., Patiño, F., Hernández, J. y L.E. Hernández. 2004. Mejora del proceso de cianuro de oro y plata, mediante la peroxidación de minerales sulfurosos con ozono. *Rev. Soc. Quím. Méx.* 48, 315-320.

Sánchez-Santiró, E. 2002. Plata y Privilegios: el Real de Minas de Huautla, 1709-1821. *Estudios de Historia Novohispana*. 85-123.

Sanderfoot, O.V. y T. Holloway. 2017. Air pollution impacts on avian species via inhalation exposure and associated outcomes. *Environ. Res. Lett.* 12.

Servicio Geológico Mexicano 2019. Anuario Estadístico de la Minería Mexicana. Secretaría de Economía. 544 pp. http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2018_Edicion_2019.pdf

Schlicht, E., y B. Kempnaers. 2018. The Immediate Impact of Ringing, Blood Sampling and PIT-Tag Implanting on the Behaviour of Blue Tits *Cyanistes caeruleus*. *Ardea*. 106:39–98.

Sandrin, T.R. y D.R. Hoffman. 2007. Bioremediation of organic and metal co-contaminated environments: Effects of metal toxicity, speciation, and bioavailability on biodegradation. *Environ. Bioremed. Technol.* 1–34.

Thatcher, R. W., Lester, M. L., McAlaster, R. y R. Horts. 1982. Effects of low levels of cadmium and lead on cognitive function in children. *Arch Environ Health*. 37:159-66.

Velasco-Trejo, J. A., De la Rosa, Pérez, D. A., Solórzano, Ochoa, G. y T. L. Volke-Sepúlveda. 2004. Evaluación de Tecnologías de remediación para suelos contaminados con metales. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México. 44p.

Velasco-Trejo, J. A., De la Rosa, Pérez, D. A., Solórzano, Ochoa, G. y T. L. Volke-Sepúlveda. 2005. Evaluación de Tecnologías de remediación para suelos contaminados con metales. Etapa II. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México. 36p.

- Verbeek, M. E. M., Drent, P. J. y P.R. Wiepkema. 1994. Consistent individual differences in early exploratory behaviour of male great tits. *Animal Behaviour*. 48(5):1113-1121.
- Villeda-Hernández, J., Barroso-Moguel, R., Méndez-Armenta, M., Nava-Ruíz, C., Huerta-Romero, R. y C. Rios. 2001. Enhanced brain regional lipid peroxidation in developing rats exposed to low level lead acetate. *Brain Res Bull*. 55:247-51.
- Wingfield, J.C. 1994. Modulation of the adrenocortical response to stress in birds. *Perspectives in Comparative Endocrinology*, National Research Council of Canada. 520-528. En: Baos, R., Blas, J., Hiraldo, F., Gómez, G., Jiménez, B., González, M.J., Benito, V., Velez, D. y R. Montoro. 2003. Niveles de metales pesados y arsénico en las aves de doñana y su entorno tras el vertido de las minas de aznalcollar. Efecto a nivel de individuo e impacto en las poblaciones. *Ciencia y Restauración del Rio Guadiamar*. 210-225.
- Yousef, S., Adem, A., Zoubeidi, T., Kosanovic, M., Mabrouk, A. A., y V. Eapen. 2011. Attention Deficit Hyperactivity Disorder and Environmental Toxic Metal Exposure in the United Arab Emirates. *Journal of Tropical Pediatrics*. 57(6):457–460.

Cuernavaca, Mor., ____ 07 DE OCTUBRE DE 2020 ____

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES, UAEM.
P R E S E N T E.

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **C. JOCELYN NATHALY MALDONADO GÓMEZ**, con el título del trabajo: **Conducta de exploración de *Icterus pustulatus* expuestos a un gradiente de concentración de contaminantes de los desechos mineros en Huautla, Morelos**

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: A FAVOR

VOTO EN CONTRA: _____

NECESITA AGREGAR O ELIMINAR ALGO: _____

COMENTARIOS: BUEN TRABAJO, PEDÍ QUE HICIERA MODIFICACIONES MENORES DE FORMATO Y REDACCIÓN

A T E N T A M E N T E

DR. DAVID VALENZUELA GALVÁN



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

DAVID VALENZUELA GALVAN | Fecha:2020-10-07 13:53:15 | Firmante

MHzt5gYo9C0JJ2sSK298JBMKuii2oVC+1/BM3jzFckK4CfsrKNGzIcPDrJfIXhKEWZl2cESEMbQkP8O9NnxkEQ53TfRYTm36e0l6G6H7a+CxlZL2P3ft0al/gCJhCLa3/hfmbxZvx4Rdc2QjSvEqtkw/6MOaliiHXEadQEfrMFRUjzqQWcya0ZuCbplFWTY73x9IkUGzvLFD9p8oMIZzJJl1r4tlbd++59BEeSrulo08sT/3aDFQHclBc5ep4XVovHuRjgmg5pSCeU++bK6wUP7DrV9NnbhReelT9mKF5G0tWmlEosge97UJpoJ3Xr6yeDC6rBAQyiHEHe3DnmwRKeA==

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



yiHIVk

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/HEP300OIGAFtxWVNNyqp6qPAuWR0OPUn>



Cuernavaca, Mor., 5 de octubre del 2020

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES, UAEM.
P R E S E N T E.

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **C. JOCELYN NATHALY MALDONADO GÓMEZ**, con el título del trabajo: **Conducta de exploración de *Icterus pustulatus* expuestos a un gradiente de concentración de contaminantes de los desechos mineros en Huautla, Morelos**

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: si

VOTO EN CONTRA: _____

NECESITA AGREGAR O ELIMINAR ALGO: si, en el documento

COMENTARIOS: en el documento

A T E N T A M E N T E



DRA. CRISTINA MARTÍNEZ GARZA



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

CRISTINA MARTINEZ GARZA | Fecha:2020-10-05 05:58:27 | Firmante

D4OZG1X4rkFsDi8+WxmeX1nbCj6jgA6KR1zdIA3KHEhGRCTRkQ1wF2JSkWkA0ZCSgq77CdEKprl96Wxl96q33W/5rUZVvaKBcK8oxJXUXsjgHs7mXmkOYqVjUAOSam7y9X/1YIyJUqdTFmTOcbms0vUrmSgNYdq5Ruj/zECqWuxHyZhrT9KTLJ6jiDexqmU/EJcxGC4UkFxl2QnuSiaOqXTOfB8+Cnoli1lafzrhkGgjHwytySHm5dWv3inDNPBxr767STpQuhqaSxNjg5A1qktOetmCYkeYs+HfyAZ24rLElkpupF6vO3itljGqnwT6tr6rJde8bpQhGGLeruzQ==

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



[Klmzkn](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/kZw2nivvG46FH8N6PzWZHc4BRZwC357>



Cuernavaca, Mor, Septiembre 28 2020

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES, UAEM.
P R E S E N T E.

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **C. JOCELYN NATHALY MALDONADO GÓMEZ**, con el título del trabajo: **Conducta de exploración de *Icterus pustulatus* expuestos a un gradiente de concentración de contaminantes de los desechos mineros en Huautla, Morelos**

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: XX _____

VOTO EN CONTRA: _____

NECESITA AGREGAR O ELIMINAR ALGO: _____

COMENTARIOS: _____

A T E N T A M E N T E

DRA. MARCELA OSORIO BERISTAIN



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

MARIA MARCELA OSORIO BERISTAIN | Fecha:2020-09-28 18:29:47 | Firmante

fJt2GJxK+ZLfSuj4wbCxTHCtSvINbk7t9xjCbrzHfy3joEnFBlpbR5nucRQwkH4xFmky0JLLDcZOWylIiY+GkDKcezzBF6tAtIlIxeV3p+uC5hsgmHTJRvPvBITJH6oS5SyygJ+7uzyrmQV
mIPg+N+0eVWh5mdVeVy74uKIP8+4cMjW95WkEkC3PWEBe10PmCgG7gmVzDVJhEqARC+aVI7bM5Jvvs8D9bYZL6Th0VXnp5hZ9ovSszGfJ4HpRK6FD1KO1ReXWDI8I9nlinr
crkmtJ+7FcSaS6+xwcZ9Ay1fDymKCz6Wtkl0hv6He0gXzTnHL/R1Yp282cRmu3g0td4WQ==

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



JgNdRS

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/hLI7zB3bN34SE0hLaCq7ACxonoyVA4Uu>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Licenciatura en Biología

Programa Educativo de Calidad *Acreditado* por el CACEB 2018-2023

Cuernavaca, Mor., 01 de octubre 2020.

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES, UAEM.
P R E S E N T E.

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **C. JOCELYN NATHALY MALDONADO GÓMEZ**, con el título del trabajo: **Conducta de exploración de *Icterus pustulatus* expuestos a un gradiente de concentración de contaminantes de los desechos mineros en Huautla, Morelos**

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: Si

VOTO EN CONTRA: _____

NECESITA AGREGAR O ELIMINAR ALGO: _____

COMENTARIOS: EN EL DOCUMENTO ESTAN LAS CORRECCIONES.

ATENTAMENTE



M. EN C. CÉSAR DANIEL JIMENEZ PIEDRAGIL



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

CESAR DANIEL JIMENEZ PIEDRAGIL | Fecha:2020-10-01 15:13:09 | Firmante

wwZypxAvNjHpnFc65hD6sCb9Ta36YID5A+8CXwIwtdM1V3jU7trf0DTj35KtzTSIlxJkN49SJsZDLkHa9Vnxpdou8trqB/C53/pLKhgulRtFsrL7zu2AkzvNoYJgMayxbil/ok1aXozYZplf9nU82h97R0dV/Hm3NKHgoZ3pNRAY03zRGit/o52FTk4C+SasQeYh5OHp5zCQhZw2WcuK/VR2dSvQKt/4kkZygbk0cgZpANik02pmBz1czySBjpQKHea8gIMvCYSK38BU+R8AceSBo2kidS0Ja1pBIXTeayQhwm7Z0rdck/XT6molOP+PGS6eWVja8bH4qBH76Dgu6qw==

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



[kgvOHI](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/tnq3OUr17ozxkWgV50jQqfvcjp1ziyyv>



Cuernavaca, Mor., a 22 de septiembre de 2020.

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES, UAEM.
P R E S E N T E.

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **C. JOCELYN NATHALY MALDONADO GÓMEZ**, con el título del trabajo: **Conducta de exploración de *Icterus pustulatus* expuestos a un gradiente de concentración de contaminantes de los desechos mineros en Huautla, Morelos**

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: SI

VOTO EN CONTRA: _____

NECESITA AGREGAR O ELIMINAR ALGO: No.

COMENTARIOS: Buen trabajo, felicidades

A T E N T A M E N T E



DR. FERNANDO URBINA TORRES



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

FERNANDO URBINA TORRES | Fecha:2020-09-24 12:20:32 | Firmante

MsSG7CbnT/a0wRXuZ1SdNd/DtxfQ7QjmvcpWkdu83vwyfyDm2c9HBW8QbU4etEf/DbgXXtpyALPrY8Vus/6XrGxdg1cOZ9vY1GkyobnHx9urZemMn7k/EovCIUhr4n0ZQsOvWh4hUMVqIO/DNTEwXpHIJrFCTzipY7SCNrPtxlpVwAYKOGxDfHBzeu3ywkNM4SOM/DcxKfPiQwSibudUYzBXVEKPiIPB/J0Qx4uMCbs2iPpK3vHZoAHSF7HA72VxtMgSP9dqEOxM9cfDnx1zqhsSUuzLxRq6P7jeTfFtB0KoEkKDFmJJCiZa5Y+8aeAclEm6dCTdn0vuCgIpboJzg==

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



iQKufP

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/iNDj07AOAppKEgGqkCKJdXJalE6bETo>

