



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,**  
**INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**

**A. PROPUESTA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**1. TIPO DE PROYECTO:**

<b>Interno</b>		<b>Grupal</b>	<b>X</b>
<b>Semilla</b>		<b>Multidisciplinario</b>	

**2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

<b>Básica</b>	<b>X</b>	<b>Aplicada</b>	
---------------	----------	-----------------	--

**3. UNIDAD EJECUTORA** (*Departamento, Instituto o Estructura de Investigación*)

1. Biología
2. Matemática
3. Economía Cuantitativa

**4. LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN:**

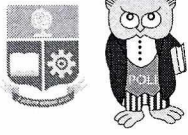
1. Biología de Organismos (Dpto. Biología)
2. Economía del Bienestar (Dpto. Economía Cuantitativa)
3. Modelos Estadísticos (Dpto. Matemática)
4. Teoría de Probabilidades y Procesos Estocásticos (Dpto. Matemática)

**5. TÍTULO DEL PROYECTO** (*mínimo 10 palabras*):

**Impactos del Calentamiento Global: Redundancia trófica entre dietas presentes y futuras de ranas aposemáticas**

**6. RESUMEN** (*máximo 200 palabras*)

Debido al calentamiento global, la temperatura del planeta es  $+1^{\circ}\text{C}$  con respecto a las temperaturas medias preindustriales; y llegaría a  $+4-8^{\circ}\text{C}$  entre el 2050-2100. Estos incrementos de temperatura ya están desplazando a las especies a zonas altas y a latitudes mayores. Las ranas aposemáticas (*Dendrobatidae*) incluyen especies altamente tóxicas que ostentan colores llamativos utilizados como advertencia a los predadores. Las toxinas son acumuladas de su dieta, principalmente compuesta de hormigas. Estudios recientes sostienen que las comunidades de hormigas en los bosques premontanos del Ecuador son muy dinámicas (i.e., existe un recambio del 50% de las especies en la comunidad de un año al otro) pero es desconocido cómo la distribución de rasgos ecológicos (i.e., tamaño, nutrición, toxinas) en las comunidades de hormigas están cambiando en el tiempo. Estos cambios podrían afectar el valor nutritivo de las dietas de las ranas, y por lo tanto su nivel de aposematismo, estado nutricional y morfología.



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN

Nosotros planeamos unir muestreos temporales de hormigas y de ranas para generar modelos que predigan las dietas de las ranas en el futuro, dado los cambios en composición de comunidades las hormigas. De esta manera prever posibles extinciones de ranas aposemáticas en el Ecuador.

### 7. PALABRAS CLAVE (4-6)

Aposematismo, Calentamiento Global, Interacciones Interespecíficas, Procesos Estocásticos, Rasgos Ecológicos.

### 8. OBJETIVOS

#### 8.1. OBJETIVO GENERAL

Las comunidades biológicas cambian en el tiempo y el espacio. En la actualidad estos cambios se deben a procesos naturales, pero también son afectados por la acción del hombre, cuyas actividades generan disturbación ecológica y calentamiento global. Esta propuesta busca establecer los cambios de estructura de las comunidades de 1) ranas aposemáticas y 2) sus dietas (hormigas), en el espacio y tiempo. Nosotros proponemos medir el grado de redundancia trófica (i.e., el nivel de solapamiento en la composición de las dietas) entre las dietas actuales y las dietas futuras. De esta manera, buscamos **predecir las dietas de las ranas dado los cambios en composición de comunidades las hormigas. De esta manera prever posibles extinciones de ranas aposemáticas en el Ecuador.**

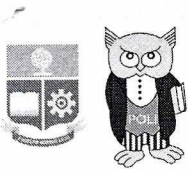
#### 8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Utilizar las colecciones biológicas del Museo de Historia Natural Gustavo Orcés para determinar la composición en el tiempo de varias comunidades de ranas aposemáticas y hormigas en el Ecuador.
2. Modelizar matemáticamente el cambio de las comunidades de ranas y hormigas a través del tiempo y el espacio, incluyendo variables relacionadas al calentamiento global.

### 9. HIPÓTESIS (opcional)

Las interacciones predador-presa se debilitan como consecuencia del calentamiento global, aumentando las probabilidades de extinción de los predadores. Las hormigas son presa de las ranas aposemáticas, constituyendo hasta un 98% de los especímenes encontrados en su dieta. Por lo tanto si en un lugar determinado el calentamiento global cambia la composición de las comunidades de hormigas, se podrían generar extinciones locales de ranas.

### 10. DETALLE DE LOS RESULTADOS ESPERADOS (con relación a los objetivos)



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,**  
**INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**

**Objetivo Específico 1.** Utilizar las colecciones biológicas del Museo de Historia Natural Gustavo Orcés para determinar la composición en el tiempo de varias comunidades de ranas aposemáticas y hormigas en el Ecuador.

Resultado esperado 1: Base de datos con la distribución histórica de algunas especies de ranas aposemáticas

Resultado esperado 2: Base de datos con la composición histórica de algunas comunidades de hormigas

Resultado esperado 3: Base de datos de la composición histórica de las dietas (e.g., hormigas) de las ranas aposemáticas incluidas en este estudio.

**Objetivo Específico 2.** Modelizar matemáticamente el cambio de las comunidades de ranas y hormigas a través del tiempo y el espacio, incluyendo variables relacionadas al calentamiento global.

Resultado esperado 4: Modelo matemático que explique el cambio en la distribución de algunas especies de ranas aposemáticas en el tiempo.

Resultado esperado 5: Modelo matemático que explique el cambio en la composición de las comunidades de hormigas en el tiempo.

Resultado esperado 6: Modelo matemático que explique el cambio las dietas de las ranas en el tiempo.

## **11. IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN (científico, social, económico u otros)**

El Calentamiento Global (CG) es quizá el mayor problema ético y ecológico que afronta la humanidad en la actualidad. Recientes estudios sugieren que el nivel de los mares podría subir hasta 30 metros, y la temperatura promedio podría alcanzar los +4-8°C, entre el 2050-2100 (IPCC 2019). Sin embargo se conoce poco sobre el impacto del calentamiento global en la biodiversidad del Ecuador (Báez et al. 2016). Entre las especies icónicas del Ecuador se encuentran las ranas aposemáticas (familia Dendrobatidae).

Las ranas aposemáticas incluyen especies altamente tóxicas que ostentan colores llamativos utilizados como advertencia a los predadores. Las ranas aposemáticas tienen un alto valor cultural y comercial en el Ecuador, asociado a sus vivos y llamativos colores y tradiciones. También, las ranas aposemáticas tienen un gran valor ecológico porque al depredar sobre las poblaciones de insectos encontrados debajo en la cadena trófica influyen de muchas maneras en los servicios ecosistémicos de los que depende el hombre. A su vez, las ranas aposemáticas son presa de diferentes vertebrados por encima de la cadena trófica, y por lo tanto están entre los principales distribuidores de energía en los bosques tropicales. Adicionalmente, existe un valor intrínseco en conocer los impactos del calentamiento global en las comunidades de hormigas. Las hormigas cumplen muchas acciones a favor de la salud de los servicios ecosistémicos de los que depende el hombre. Como super depredadores, las hormigas ejercen presión sobre los invertebrados que se encuentran debajo en la cadena trófica. Y por lo tanto, hay una cantidad considerable de investigaciones sobre el efecto de las hormigas en ecosistemas útiles para el hombre, como los agroecosistemas (Perfecto and Snelling 1995; Philpott y Armbrrecht 2006; Offenberg 2015; Morris et al. 2018; Escobar-Ramírez et al. 2019; Ennis y Philpott 2019). Por



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN

ejemplo, las hormigas (junto a los hongos y los microhimenópteros) están entre los más estudiados y exitosos biocontroladores de las plagas del café (una plaga que causa más de 500 millones de dólares anuales en pérdidas (Escobar-Ramírez et al. 2019). Hormigas de la especie *Oecophylla smaragdina* también han demostrado ser importantes controladores de plagas de anacardos, cítricos y mangos (Anato et al. 2015; Bharti y Silla 2011; Offenbergl et al. 2013). Sin duda, al aportar datos sobre las distribuciones futuras de las hormigas en el Ecuador, nuestro proyecto proveerá información valiosa para agricultores interesados en estos servicios ecosistémicos.

Este proyecto además, busca entrenar estudiantes de Facultad de Ciencias de la Escuela Politécnica Nacional. Incorporaremos al menos dos estudiantes de pregrado y uno de maestría. Según el interés de los estudiantes, se espera que sean coautores en los manuscritos. Finalmente, este proyecto se construye sobre colaboraciones activas que tenemos con la Dra. Lauren O'Connell (Stanford University) en las que buscamos caracterizar la fuente de metabolitos encontrados en las pieles de ranas aposemáticas del Ecuador y del mundo y que ya ha dado varios resultados (Moskowitz et al. 2018, Moskowitz et al. 2019). En años anteriores se ha realizado ya talleres en escuelas rurales de Quito, dando la oportunidad a niños de manipular insectos y aprender sobre su ecología. La oportunidad de trabajar con estudiantes escolares nos brindará la oportunidad única de impactar positivamente a los futuros científicos y tomadores de decisiones del Ecuador. Nuestro equipo ya tiene experiencia trabajando exitosamente con estudiantes de colegios de los Estados Unidos (Moskowitz et al. 2019), pero no del Ecuador. Esta interacción complementará el trabajo de difusión científica y vinculación con la sociedad llevado a cabo en el Museo Gustavo Orcés-EPN. El trabajo de los estudiantes y los resultados preliminares servirán de base para dos exposiciones permanentes sobre ranas y sobre hormigas que se realizan en el Museo Gustavo Orcés-EPN en el 2020.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,**  
**INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**

**12. ESTADO DEL ARTE, E INVESTIGACIONES PREVIAS DEL EQUIPO**

***Las hormigas en las cadenas tróficas de los suelos y sus procesos ecosistémicos***

Las hormigas comprenden una única Familia de insectos (Formicidae), hermana a la Familia Apoidea de las abejas melíferas, dentro del Orden Hymenoptera. Hay cerca de 20.000 especies de hormigas, de las cuales cerca de 15.000 ya están descritas. Las principales características que unen a las hormigas como una Familia son la eusocialidad (sistema de castas que ejecutan labores específicas), tienen un peciolo con cintura, la glándula metapleurale que está presente sólo en hormigas, y la presencia castas reproductoras hembras o reinas que son capaces de botar sus alas luego del apareamiento. Las hormigas son un grupo de insectos predadores y termofílicos que se alimentan de otras hormigas, termitas, colémbolos, ácaros y otros insectos. Sin embargo, algunas hormigas son especializadas en otros recursos como: mieles secretadas por hemípteros que succionan plantas, néctar, semillas, y hongos que ellas mismas cultivan a partir de hojas de plantas. Con una gran diversidad de especies, las hormigas interactúan en una gran cantidad de relaciones ecológicas, e.g., polinización de plantas, dispersión de semillas, y protección de plantas de sus herbívoros, todos con efectos directos e indirectos en diferentes procesos ecosistémicos. Como uno de los taxa de insectos más abundantes, especialmente en los suelos tropicales, las hormigas son a su vez, la comida principal los vertebrados del bosque, como superpredadores de los insectos del suelo.

Las hormigas, junto a las termitas y gusanos de tierra, son también llamadas “ingenieros de los ecosistemas” (Folgarait 1998; Del Toro et al. 2012; Prather et al. 2012; Del Toro et al. 2015). Dada su enorme abundancia y su gran diversidad de especies en ambientes naturales (que acumulan un gran espectro de tamaños, rasgos ecológicos y estrategias ecológicas) las hormigas modifican fuertemente sus alrededores y pueden influenciar las funciones ecosistémicas en muchas formas directas e indirectas (Del Toro et al. 2012; King 2016). Por ejemplo, Sanabria et al. (2014) encontró que las hormigas pueden positivamente afectar, y son indicadores efectivos, de cinco servicios ecosistémicos en las sabanas Colombianas: provisión de nutrientes, regulación y almacenaje de agua, mantenimiento de la estructura del suelo, servicios de regulación del clima, y regulación de la biodiversidad y actividad biológica.

Las hormigas pueden impactar los ciclos de nutrientes en al menos dos formas. Primero, la construcción de los nidos (en el suelo, hojarasca, troncos caídos, y vegetación viva) usualmente requiere de procesamiento (y quebrado) de material vegetal vivo y muerto. Segundo, las hormigas son un gran porcentaje de la comida de vertebrados como ranas, osos hormigueros y lagartijas. Del Toro et al. (2015) encontró que la disponibilidad de Nitrógeno (nitratos) decreció moderadamente (-11 to -42%) en tratamientos de calentamiento experimental cuando la especie de hormiga *Formica subsericea* estaba presente. Sin embargo, los niveles de la disponibilidad de Nitrógeno siempre fueron más bajos en condiciones experimentales que en condiciones naturales (Del Toro et al. 2012; Prather et al. 2012; Kendrick et al. 2015). Clay et al. (2013) también encontraron que, relativo a la hojarasca, los botaderos de residuos de los nidos de la hormiga arbórea *Azteca* fueron enriquecidos en Fósforo, Potasio, y Nitrógeno, todos elementos que limitan la descomposición de la hojarasca.

Los efectos del Cambio Climático sobre las hormigas son diversos, aunque poco conocidos. Dos estudios recientes proyectan los impactos del Cambio Climático sobre las hormigas. Primero, Gibb et al. (2018) sugiere que la disturbación (que incluían incrementos en temperatura) tienen su mayor impacto tanto en las hormigas más grandes como en las más pequeñas. Estas especies a los extremos de la distribución de tamaños fueron las primeras en desaparecer de las comunidades. En un segundo estudio, Kaspari et al. (*in press*) revisando cambios de las

*Powen*



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN

hormigas por todo los Estados Unidos, después de 20 años de haber hecho un primer censo, y dado un incremento promedio de +1 °C en la temperatura en ese continente, demostraron que las comunidades de hormigas incrementaron en abundancia/actividad antes de sufrir una declinación masiva. Nuestros estudios demuestran, sin embargo, que la estructura de las comunidades de hormigas en bosques premontanos del Ecuador permanecen estables en los últimos 13 años (Donoso 2017). Siendo termofílicos y ectotermos, falta claramente investigación en aspectos teóricos y experimentales sobre la respuesta de las hormigas al calentamiento global, y sus efectos en procesos ecosistémicos (Kaspari 2019).

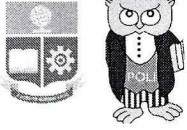
### *Hormigas en la dieta de ranas*

Las hormigas pueden servir de comida para otros animales de tal manera que afectan cómo los nutrientes se transfieren de un nivel trófico a otro. Es bien establecido que muchas especies de ranas comen hormigas (McElroy y Donoso 2019). En especial, las ranas aposemáticas de la familia Dendrobatidae son especialistas en hormigas. Pero en general es poco más lo que se conoce de esta relación trófica. Estudios recientes en el Ecuador por investigadores de nuestro grupo han determinado que la disturbación del ambiente (deforestación para ganado) tiene un impacto en las comunidades de hormigas, y que estos cambios se reflejan en la composición de las dieta de la rana aposemática *Oophaga sylvatica* (Moskowitz et al. 2019). De manera importante, la composición de alcaloides en las pieles de las ranas en bosques disturbados fue diferente y más simple que la de los bosques prístinos. Lo que sugiere que la disturbación del bosque puede disminuir el grado de aposematismo de las ranas, y hacerlas más propensas a ser presa de sus depredadores.

Sin embargo, no está muy claro el nivel de selección que las ranas pueden tener sobre las hormigas que ingieren. En investigaciones previas por miembros de nuestro equipo, comparamos por primera vez la dieta de una rana (*Rhinella alata*) a las hormigas disponibles en las comunidades del bosque natural que las ranas circundan, en la Isla de Barro Colorado en Panamá (McElroy y Donoso 2019). Encontramos que las ranas no están comiendo hormigas según su disponibilidad en el ambiente. Por el contrario, las hormigas en las dietas de las ranas fueron más grandes y las texturizadas que las hormigas promedio. Estos resultados son importantes porque previamente hemos participado de investigaciones globales donde encontramos que las hormigas más grandes de una comunidad son las más propensas a desaparecer de las comunidades por efectos de la disturbación causada por el hombre, y el cambio climático (Gibb et al. 2015, Gibb et al. 2018). Uniendo estas dos líneas de evidencia, nuestra propuesta sugiere que la rana *Rhinella alata* al basar su dieta en hormigas de tamaño grande podría tener serias dificultades en el futuro para alimentarse, dado que justamente son las hormigas grandes las primeras en desaparecer por efectos de calentamiento global.

### *Modelos matemáticos en la biología*

Los modelos matemáticos permiten entender las relaciones funcionales de los ecosistemas (Addison 2017), y su uso es cada vez más frecuente en la ecología. El modelo de Lotka-Volterra (1925), considerado uno de los puntos de partida de la ecología matemática, ha sido ampliamente utilizado para el análisis de la interacción depredador-presa. Este modelo seminal, de naturaleza determinística, describe las interacciones entre dos especies: una población de presas (e.g., hormigas, conejos, peces) y una población de depredadores (e.g., ranas, zorros, tiburones). Los supuestos del modelo original son: i) crecimiento exponencial de la población de presas en ausencia de depredadores, ii) la población de depredadores desaparece en ausencia de la población de presas (en lugar de cambiar a otro tipo de presas), iii) los depredadores pueden consumir cantidades infinitas de presas, y iv) ausencia de complejidad ambiental (Lotka 1925, Volterra



## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN

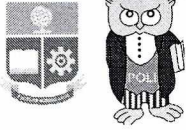
1926). La ausencia de complejidad ambiental implica que las variables ambientales no son significativas, y por tanto su efecto puede ser ignorado; sin embargo esto es considerado como una limitación por muchos investigadores (Bandyopadhyay y Chattopadhyay 2005, Adisson 2017). Por esta razón, propuestas más recientes incorporan el carácter estocástico y el ruido presentes en situaciones de la vida real (Bera et al. 2016). A pesar de que los modelos estocásticos tienen una larga historia en biología, su uso durante la última década ha aumentado considerablemente. Los métodos experimentales actuales en biología sugieren que la dinámica de las especies es estocástica lo que implica la sustitución de los modelos deterministas tradicionales por modelos estocásticos (Anderson 2011).

Algunos de los modelos estocásticos usados en la biología involucran teoría de juegos y modelos de series temporales. Ambos se enfocan en el estudio de interacciones entre organismos y permiten incorporar otros factores como: datos ambientales, fenotípicos, genotípicos (Habel et al. 2015), con un enfoque multidisciplinar.

### *Investigaciones previas del equipo*

Nuestro equipo mantiene uno de los censos de hormigas más antiguos del mundo, con colecciones estandarizadas de comunidades de hormigas de bosques premontanos del Ecuador desde el 2003. En publicaciones previas hemos demostrado que estas comunidades de bosques premontanos permanecen estables en el tiempo (Donoso y Ramón 2009, Donoso 2017), desafiando al calentamiento global. Sin embargo, usando otras bases de datos, nuestro equipo ha demostrado que el impacto de la disturbación causada por el hombre y el calentamiento global puede impactar la estructura de las comunidades de hormigas (Gibb et al. 2017), mariposas (Checa et al. 2019a), la estructura de escarabajos peloteros (Carpio et al. 2009) y escenarios de extinción de micro y macroinvertebrados en el Parque Nacional Yasuní (Cárdenas et al. 2017)

Hemos aportado con estudios que datan el rol de las hormigas como principales depredadores de los ambientes naturales (Tiede et al. 2017; Roslin et al. 2017). En Tiede et al. (l.c.) estudiamos como la depredación de orugas artificiales (lo que constituye un servicio ecosistémico) respondió a la riqueza de especies de hormigas y su incidencia entre estaciones en un gradiente altitudinal en el sur del Ecuador. Encontramos que la actividad de las hormigas respondía a la estacionalidad (seca) y a la altura (baja), pero no a la degradación del ambiente. Finalmente, hemos estudiado las dietas de ranas aposemáticas en Ecuador (Moskowitz et al. 2019) y Madagascar (Moskowitz et al. 2018) y de otras ranas en Panamá (McElroy y Donoso 2019), caracterizado por primera vez como las dietas de las ranas cambian con la estación del año y el nivel de disturbación. Hemos descrito varias especies de hormigas (Donoso et al. 2006, Donoso 2012, Delsinne et al. 2015) y caracterizado la fauna entera de hormigas del Ecuador (Salazar et al. 2015)



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,**  
**INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**

**13. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO, INCLUIDO METODOLOGÍA**

Actualmente contamos con varias bases de datos preliminares con variables que corresponden a: comunidades de hormigas, especies de ranas y sus dieta (interacción). Los datos consisten de 1) colecciones disponibles depositadas en el MEPN de las 24 provincias del Ecuador, especialmente en la región Costa, en el periodo 2003 - 2019; y 2) realizaremos colecciones durante el 2020 en 10 localidades del Ecuador. A continuación, se presenta una descripción de los métodos de recolección, y metodologías para análisis según los resultados esperados.

Con el fin de utilizar las colecciones biológicas del MEPN (Objetivo 1) para determinar la composición en el tiempo de varias comunidades de ranas aposemáticas y hormigas en el Ecuador, se procederá de la siguiente forma:

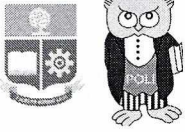
*Muestreo de la comunidad de ranas.* El MEPN cuenta con colecciones históricas de ranas que provienen de varios proyectos y muestreos a lo largo del Ecuador. Durante el año 2020, visitaremos 10 localidades donde se han colectado previamente ranas aposemáticas. Las ranas aposemáticas son especies diurnas, por lo cual nuestro muestreo se realizará durante el día.

*Muestreo de la comunidad de hormigas.* El MEPN cuenta con colecciones históricas de hormigas que provienen de varios proyectos y muestreos a lo largo del Ecuador. Durante el muestreo previsto para el 2020 visitaremos las mismas localidades previstas para la colección y ranas. Se recolectarán 1m<sup>2</sup> de hojarasca en laboratorio y usando embudos Berlese se separa a los invertebrados (incluido las hormigas) de la hojarasca. En el pasado hemos establecido protocolos internacionales para la recolección de hormigas y sus rasgos ecológicos (Donoso y Ramón 2009, Donoso 2017, Gibb et al. 2017, Parr et al. 2017, Checa et al. 2019b). El conjunto final de datos comprende >300 especies de hormigas e incluye quince rasgos ecológicos tomados de las hormigas como variables continuas o discretas, entre las que se incluyen: Longitud de Weber, Ancho de la Cabeza, Longitud de la Cabeza, Pilosidad (es decir, vellosidad), Número de Espinas, Escultura (lisa, moderada, rugosa), y Color de la Cabeza (amarillo, amarillo-marrón, rojo-marrón, marrón, negro, azul).

*Colecciones de dieta de sapos.* De igual manera, MEPN es repositorio de los contenidos estomacales de las ranas depositadas en sus armarios. De muestreos en años anteriores se han obtenido muestras de tejidos y el contenido estomacal. El contenido estomacal se lo vacía en un contenedor por medio de la técnica "lavado gástrico". Se toma muestras de sapos individuales. Se recolecta las muestras oportunistas de sapos y se registra las localidades GPS en el punto de captura. Se registra la longitud del hocico-venteo (SVL) y se elimina el contenido del estómago de cada individuo mediante lavado gástrico no letal (Solé et al. 2005). El contenido del estómago se almacena en etanol al 95% y se liberan los sapos individuales en el punto de captura al día siguiente. Las hormigas individuales serán identificadas a nivel de especie según la morfología. Las presas que no son hormigas (por ejemplo, ácaros y coleópteros) se identificaron a nivel de clase o familia. Se procederá de la misma manera para el muestreo del año 2020.

Con respecto al análisis del cambio de las comunidades de ranas y hormigas a través del tiempo y el espacio (Objetivo 2), incluyendo variables relacionadas al calentamiento global, este será realizado con un modelo de vectores autorregresivos (VAR).





## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN

Esta metodología considera que si hay verdadera simultaneidad entre un conjunto de variables, todas deben tratarse en igualdad de condiciones, sin distinguir variables endógenas ni exógenas (Sims 1980). La metodología multivariada permitirá incluir en el análisis variables de tipo ambiental, ecológico y biológico, tales como: comunidades de hormigas, especies de ranas, temperatura, precipitaciones, entre otras. En el modelo Var el valor de una variable se expresa como función lineal de los valores pasados o rezagados de esa variable y de todas las demás variables incluidas en el modelo (Stock y Watson 2001).

En el caso general de un modelo VAR bivariado se considera el siguiente sistema:

$$y_t = b_{10} - b_{12}z_t + \gamma_{11}y_{t-1} + \gamma_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{y_t} \quad (1)$$

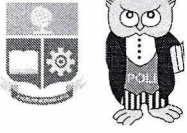
$$z_t = b_{20} - b_{21}y_t + \gamma_{21}y_{t-1} + \gamma_{22}z_{t-1} + \varepsilon_{z_t} \quad (2)$$

Donde se asume que: i)  $y_t$  y  $z_t$  son estacionarios, ii)  $\varepsilon_{y_t}$  y  $\varepsilon_{z_t}$  son disturbios de ruido blanco con desviaciones estándar  $\sigma_y$  y  $\sigma_z$  y no están correlacionados. La estimación de cada ecuación del sistema puede ser realizada por mínimos cuadrados ordinarios y los estimadores obtenidos son consistentes y asintóticamente eficientes. Posterior a la estimación del sistema de ecuaciones es posible obtener las llamadas funciones de respuesta al impulso, mismas que permiten establecer la interacción entre las variables analizadas. La idea es cuantificar el cambio que se dará en una variable por el efecto de un shock. Por ejemplo, se podría observar la trayectoria del comportamiento de las comunidades de hormigas si la temperatura aumenta o disminuye 1°C.

Finalmente, con el fin de explicar el cambio las dietas de las ranas en el tiempo (Objetivo 2), las variables consideradas serán rasgos fenotípicos así como características ambientales. Buscaremos una descripción formal del proceso de interacción que funcione desde el punto de vista de correlaciones dependientes del fenotipo de los individuos (la causa de la selección natural).

En el aspecto teórico se adaptarán algunos métodos matemáticos desarrollados por Marrow et al. (1992), Dieckmann y Law (1996) y Marrow et al. (1996). Estos métodos están contruidos a partir de eventos de nacimiento y muerte, junto con un proceso de mutación aleatoria. Los nacimientos y las muertes son causados en parte por interacciones dependientes del fenotipo entre los depredadores y las presas. Dieckmann y Law (1996) establecen que los tres posibles resultados a largo plazo de la interacción entre depredador y presa son: que una comunidad puede evolucionar a un estado en el que el depredador se extingue, o a uno en el que la especie coexista con valores fenotípicos constantes, o la especie puede coexistir con cambios cíclicos en los valores fenotípicos.

Para describir la dinámica de la población de hormigas y ranas, en primer lugar es necesario definir el proceso que afecta el tamaño de la población de las dos especies. Para esto se considerará que al tiempo  $t$  existen  $n_i$  individuos de la especie  $i$  con  $i=1,2,\dots,N$ . Estas especies están distribuidas a lo largo de  $j$  regiones con  $j=1,2,\dots,M$  con cierta distribución de probabilidad  $p_i(j)$  y características climáticas. Esta distribución cambia en el tiempo de acuerdo a un proceso de nacimiento y muerte y su dinámica se establece a través de su generador infinitesimal  $Q(p,t)$  y la densidad  $p=(p_1,p_2,\dots,p_N)$ . Las variables climáticas también cambian en el tiempo y consideraremos que los nacimientos y muertes pueden ser causados también por esas variaciones.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,  
INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN

La simulación del generador infinitesimal  $Q(p,t)$  consiste en:

- 1) Inicializar el sistema con las distribuciones  $p_i$  con  $i=1,2,\dots,N$  al tiempo  $t=0$  y especificar un tiempo  $T$  donde se acaba el acompañamiento de la dinámica;
- 2) Calcular las probabilidades de nacimiento ( $b_{ij}$ ) y muerte ( $d_{ij}$ ) para cada individuo de cada especie y todas las regiones en el ambiente dado por la densidad  $p$ .

Los fenotipos  $s_1$  de un individuo presa y  $s_2$  de un individuo depredador, que se denotan por

$s = (s_1, s_2)$ , determinan lo que sucede cuando se encuentran ambas especies. El objetivo es especificar el efecto del encuentro sobre las tasas de nacimiento y muerte del proceso en cuestión. Para esto, sea  $x = (x_1, x_2)$  el vector de densidades poblacionales de la presa y el depredador, respectivamente. La dinámica de la población de las dos especies se puede escribir como el par de ecuaciones diferenciales (generalización de la ecuación Lotka-Volterra):

$$\dot{x}_i = x_i f_i(s, x) \quad i = 1, 2$$

donde  $f_i$  es la tasa de crecimiento de la especie  $i$  y depende de  $s$  mediante un conjunto de parámetros de control cuyos valores dependen de los fenotipos actuales. Estos parámetros de control indican cómo las tasas de natalidad y mortalidad causadas por  $s$  influyen en la dinámica poblacional. Por otro lado, se debe considerar una secuencia de sustitución de fenotipos, donde una mutación reemplaza el fenotipo que estaba presente y esta secuencia indica el camino evolutivo a largo plazo del sistema. El objetivo será entonces encontrar un sistema de ecuaciones que describa esta evolución macroscópica, en donde los rasgos fenotípicos serán las variables de estado del proceso estocástico y la evolución en el tiempo de la secuencia de fenotipos puede ser modelada a través de una caminata aleatoria.

- 3) Las sumas  $w_{ij} = b_{ij} + d_{ij}$  establecen el tamaño de la población de la especie  $i$  en la región  $j$ . Por lo tanto,

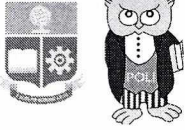
$$w_i = \sum_{j=1}^M w_{ij} \quad \text{es el tamaño de la población } i \text{ y}$$

$$w = \sum_{i=1}^N w_i \quad \text{es el tamaño total de la población con } i=1,2,\dots,N \text{ y } j=1,2,\dots,M$$

- 4) Asumimos que el tiempo de espera para que exista un cambio en el sistema es exponencial. A este tiempo se simula la dinámica escogiendo un individuo  $i$  de la región  $j$  con probabilidad  $w_{ij}/w_i$  y se establece el evento de nacimiento o muerte con probabilidad  $b_{ij}/w_{ij}$  o  $d_{ij}/w_{ij}$ , respectivamente;
- 5) Se actualiza el tiempo y la distribución de especies en las regiones;
- 6) Se regresa al paso 2 hasta el tiempo  $t$  mayor o igual a  $T$ .

Mediante la simulación establecida en los pasos anteriores es posible describir los posibles resultados en un sistema depredador-presa.

La construcción, consolidación y homologación de las bases de datos de ranas y hormigas junto con el modelamiento matemático propuesto nos permitirá explicar la redundancia trófica entre las dietas actuales y las dietas futuras de las ranas. Y de esta manera predecir las dietas de las



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,**  
**INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**

ranas dado los cambios en composición de comunidades las hormigas. De esta manera prever posibles extinciones de ranas aposemáticas en el Ecuador.

**BIBLIOGRAFÍA**

Addison J (2017) Analysis of a Predator-Prey Model: A Deterministic and Stochastic Approach. *Journal of Biometrics & Biostatistics* 8(4): 359. doi:10.4172/2155-6180.1000359

Anato FM, Wargui R, Sinzogan A, Offenbergl J, Adandonon A, Vayssieres JF, Kossou DK (2015) Reducing losses inflicted by insect pests on cashew, using weaver ants as efficient biological control agent. *Agricultural and Forest Entomology* 17: 285–291. doi:10.1111/afe.12105

Anderson D (2011) *Introduction to stochastic processes with applications in the biosciences*. Technical Report, University of Wisconsin at Madison.

Baez S, Jaramillo L, Cuesta F, Donoso DA. (2016) Effects of climate change on the biodiversity of the Andean Region: a synthesis of published studies until 2015. *Neotropical Biodiversity* 2(1): 181–194. doi:10.1080/23766808.2016.1248710

Bera S, Maitib A, Samanta G (2016) Stochastic analysis of a prey–predator model with herd behaviour of prey. *Nonlinear Analysis: Modelling and Control* 21(3): 345–361. doi:10.15388/NA.2016.3.4

Bharti H, Silla S (2011) Notes on the life history of *Oecophylla smaragdina* (Fabricius) and its potential as a biological control agent. *Halteres* 3: 57–64.

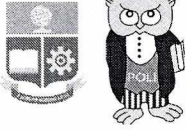
Cárdenas RE, Donoso DA, Argoti A, Dangles O (2017) Functional consequences of realistic extinction scenarios in Amazonian soil food webs. *Ecosphere*. Article e01692. doi: 10.1002/ecs2.1692.

Carpio C, Donoso DA, Ramón G, Dangles O (2009) Short-term response of dung beetle communities to disturbance by road construction in the Ecuadorian Amazon. *Annales de la Société Entomologique de France (ns)* 45:455–469. doi:10.1080/00379271.2009.10697629

Checa MF, Donoso DA, Levy E, Rodriguez J, Willmott K. (2019a) Assembly mechanisms of Neotropical butterfly communities along an environmental gradient. *bioRxiv* 632067. doi:10.1101/632067

Checa MF, Donoso DA, Rodriguez J, Levy E, Warren A, Willmott K (2019b) Choosing the best sampling technique to monitor understory tropical butterflies. *Insect Conservation and Diversity*. doi: 10.1111/icad.12328

Clay NA, Lucas J, Kaspari M, Kay AD (2013) Manna from heaven: refuse from an arboreal ant links aboveground and belowground processes in a lowland tropical forest. *Ecosphere* 4: 1e15. doi:10.1890/ES13-00220.1



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,  
INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN

Del Toro I, Ribbons RR, Pelini SL (2012) The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News* 17: 133–146.

Del Toro I, Ribbons RR, Ellison AM (2015) Ant-mediated ecosystem functions on a warmer planet: effects on soil movement, decomposition and nutrient cycling. *Journal of Animal Ecology* 84(5): 1233–1241. doi:10.1111/1365-2656.12367

Delsinne T, Sonet G, Donoso DA. (2015) Two new species of *Leptanilloides* Mann (Formicidae: Dorylinae) from the Andes of southern Ecuador. *European Journal of Taxonomy* 143:1–35. doi:10.5852/ejt.2015.143

Donoso DA, Vieira JM, Wild AL (2006) Three new species of *Leptanilloides* Mann from Andean Ecuador (Formicidae: Leptanilloidinae). *Zootaxa* 1201:47–62. doi:10.11646/zootaxa.1201.1.1

Donoso DA, Ramón G (2009) Composition of a high diversity leaf litter ant community (Hymenoptera: Formicidae) from an Ecuadorian pre-montane rainforest. *Annales de la Société Entomologique de France (ns)* 45:487–499. doi:10.1080/00379271.2009.10697631.

Donoso DA (2012) Additions to the taxonomy of the armadillo ants (Hymenoptera, Formicidae, *Tatuidris*). *Zootaxa* 3503:61–81.

Donoso DA (2017) Tropical ant communities are in long-term equilibrium. *Ecological Indicators* 83C: 515–523. doi:10.1016/j.ecolind.2017.03.022

Ennis KK, Philpott SM (2019) Seasonal and microhabitat differences alter ant predation of a globally disruptive coffee pest. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 284, 106597. doi:10.1016/j.agee.2019.106597

Escobar-Ramírez E, Grass I, Armbrecht I, Tschantke T (2019) Biological control of the coffee berry borer: Main natural enemies, control success, and landscape influence. *Biological Control* 136: 103992. doi:10.1016/j.biocontrol.2019.05.011

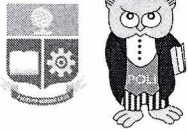
Folgarait PJ (1998) Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation* 7(9): 1221–1244. doi:10.1023/A:1008891901953

Gibb H, et al. (2015) Climate mediates the effects of disturbance on ant assemblage structure. *Proceedings of the Royal Society London Series B* 282: 20150418. doi:10.1098/rspb.2015.0418

Gibb H et al. (2017) A global database of ant species abundances. *Ecology* 98(3): 883–884. doi:10.1002/ecy.1682

Gibb H, Sanders NJ, Dunn RR, Arnan X, Vasconcelos HL, Donoso DA, Andersen AN, Silva RR, Bishop TR, Gomez C, Grossman BF, Yusa KM, Luke SH, Pacheco R, Pearce-Duvet J, Retana J, Tista M, Parr CL (2018) Habitat disturbance selects against both small and large species across varying climates. *Ecography* 41(7): 1184–1193. doi:10.1111/ecog.03244

[IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2019. Climate Change and Land. IPCC.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,**  
**INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**

Habel JC, Zachos FE, Dapporto L, Rödder D, Radespiel U, Tellier A, Schmitt T (2015) Population genetics revisited – towards a multidisciplinary research field. *Biological Journal of the Linnean Society* 115(1): 1–12.

Kaspari M (2019) In a globally warming world, insects act locally to manipulate their own microclimate. doi:10.1073/pnas.1901972116

Kaspari M, Bujan J, Roeder KA, de Beurs K and Weiser MD (In Press) Species Energy and Thermal Performance Theory predict 20- year changes in ant community abundance and richness. *Ecology*. doi:10.1002/ecy.2888

Kendrick J, Ribbons RR, Classen AT and Ellison AM (2015) Changes in canopy structure and ant assemblages affect soil ecosystem variables as a foundation species declines. *Ecosphere*, *Ecosphere* 6(5): Article 77. doi:10.1890/ES14-00447.1

King JR (2016) Where do eusocial insects fit into soil food webs? *Soil Biology and Biochemistry* 102: 55–62. doi:10.1016/j.soilbio.2016.07.019

Lotka A (1925) Elements of Physical Biology. *Mathematical Methods in the Applied Sciences* 36: 1263- 1280.

Marrow P, Law R, Cannings C (1992) The coevolution of predator-prey interactions: ESSs and Red Queen dynamics. *Proceedings of the Royal Society London Series B* 250: 133–141

Marrow P, Dieckmann U, Law R (1996) Evolutionary Dynamics of Predator-Prey Systems, An Ecological Perspective. *Journal of Mathematical Biology* 34, 556–578

McElroy MT, Donoso DA. Prey's traits mediate a neotropical toad diet. *Copeia* 107(3)1-10. doi:10.1101/464511.

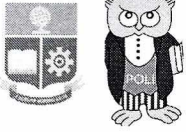
Morris JR, Jiménez-Soto E, Philpott SM, Perfecto I (2018) Ant-mediated biological control of the coffee berry borer: diversity, ecological complexity, and conservation biocontrol. *Myrmecological News* 26: 1-17. doi:10.25849/myrmecol.news\_026:001

Moskowitz NA et al. (2018) Seasonal changes in diet and chemical defense in the Climbing Mantella frog (*Mantella laevis*). *PLoS ONE* 14(6): e0218981. doi:10.1371/journal.pone.0218981

Moskowitz NA, Dorritie B, Fay T, Nieves OC, Vidoudez C, Cambridge Rindge and Latin 2017 Biology Class, Masconomet 2017 Biotechnology Class, Fischer EK, Trauger SA, Coloma LA, Donoso DA, O'Connell LA. 2019. Land use impacts poison frog chemical defenses through changes in leaf litter ant communities. *BioRxiv* 745976; doi:10.1101/745976

Offenberg J, Cuc NTT, Wiwatwitaya D (2013) The effectiveness of weaver ant (*Oecophylla smaragdina*) biocontrol in Southeast Asian citrus and mango. *Asian Myrmecology* 5: 139–149.

Offenberg J (2015) Ants as tools in sustainable agriculture. *Journal of Applied Ecology* 52: 1197–1205. doi:10.1111/1365-2664.12496



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,**  
**INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**

Parr CL et al. (2017) GlobalAnts: a new database on the geography of ant traits (Hymenoptera: Formicidae). *Insect Conservation and Diversity* 10(1): 5–20. doi:10.1111/icad.12211

Perfecto I, Snelling R (1995) Biodiversity and the transformation of the tropical agroecosystem: ants in coffee plantations. *Ecological Applications* 5: 1084–1097. doi:10.2307/2269356

Pesaran M (2015). *Time Series and Panel Data Econometrics*. Oxford University Press.

Philpott SM, Armbrrecht I (2006) Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. *Ecological Entomology* 31(4): 369–377. doi:10.1111/j.1365-2311.2006.00793.x

Prather CM, Pelini L, Laws S, Rivest A, Woltz E, Bloch M, Del Toro I, Ho C-K, Kominoski J, Newbold TAS, Parsons S, Joern A (2012) Invertebrates, ecosystem services and climate change. *Biological Reviews* 88: 327–348. doi:10.1111/brv.12002

Ripple et al. (2017) World scientists' warning to humanity: a second notice *BioScience* 67 (12), 1026-1028.

Ripple et al. (2019) World Scientists' Warning of a Climate Emergency *BioScience* 88  
doi:10.1093/biosci/biz088

Roslin T et al. (2017) Higher predation risk for insect prey at low latitudes and elevations. *Science* 356: 742–744. doi:10.1126/science.aaj1631.

Salazar F, Reyes-Bueno F, Santamaria D, Donoso DA (2015) Mapping continental ecuadorian ant species. *Sociobiology* 62:132–162. doi:10.13102/sociobiology.v62i2.132-162.

Sanabria C, Lavelle P and Fonte SJ (2014) Ants as indicators of soil-based ecosystem services in agroecosystems of the Colombian Llanos. *Applied Soil Ecology* 84: 24–30. doi:10.1016/j.apsoil.2014.07.001

Sanders et al. (2018) Trophic redundancy reduces vulnerability to extinction cascades *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115(10):201716825. doi:10.1073/pnas.1716825115

Sims C (1980) Macroeconomics and Reality. *Econometric* 48: 1–48.

Stock H, Watson M (2001) Vector Autoregressions. *Journal of Economic Perspective* 15(4): 101–115.

Tiede Y, Donoso DA, Bendix J, Brandl R, Farwig N (2017) Ants as indicators of environmental change and ecosystem processes. *Ecological Indicators* 83: 527–537. doi:10.1016/j.ecolind.2017.01.029

Volterra V (1926) Variazioni e uttuazioni del numero d'individui in specie d'animali conviventi. *Memoria della Reale Accademia Nazionale dei Lincei*, 2, 31–113.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,  
INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**

**14. INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS**

- Indicar la infraestructura y equipos **disponibles** para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos

Infraestructura	Equipos	
	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Museo de Herpetología EPN	Colecciones biológicas	Departamento Biología
Museo de Entomología EPN	Colecciones biológicas	Departamento Biología
Laboratorio de Entomología EPN	Estereoscopio con retícula,	Departamento Biología
Laboratorio de Herpetología EPN	Equipo de disección para anfibios	Departamento Biología
Oficina ADM-7S-03	Computador de escritorio con software estadístico	Departamento de Matemática, Oficina ADM-7S-03
Oficina ADM-7S-02	Computador de escritorio con software estadístico	Departamento de Economía Cuantitativa, Oficina ADM-7S-02

**15. MONTO REQUERIDO**

**16.1 Monto y justificación de equipo requerido**

Se solicita un ordenador portátil para asignar a los técnicos y ayudantes de investigación del proyecto quienes colaborarán en el diseño y construcción de la base de datos así como en la estimación de los modelos. Por otro lado, considerando que se planea la realización de reuniones de trabajo continuas entre los miembros del proyecto, el uso de un proyector dará mayor fluidez a las mismas. El equipamiento solicitado se ubicará en el Departamento de Biología de la Escuela Politécnica Nacional y estará bajo custodia del Director del Proyecto.

Se pide financiamiento para análisis moleculares. Este rubro cubrirá principalmente la secuenciación de fragmentos de 645bp del gen Citocromo Oxidasa Subunidad I (códigos de barras de COI), una técnica común para identificar especies. Esta técnica es especialmente útil cuando los especímenes a identificar están representados por pequeñas partes de difícil identificación por medios morfológicos estándar.

**16.2 Monto y justificación del personal requerido**

*Técnico 1:* Se necesita una persona que estandarice las base de datos de rasgos funcionales de hormigas alrededor de todas las localidades. Con alrededor de 15 rasgos funcionales que medir en varios cientos de especies de hormigas, se estima que se necesitaría un técnico por al menos 12 meses.

*Técnico 2:* Se necesita una persona que estandarice las base de datos de dietas y de rasgos funcionales de ranas alrededor de todas las localidades. Se estima que se tomarán alrededor de 5 rasgos funcionales de ranas aposemáticas asociados a su dieta, durante 12 meses.

*Ayudantes de investigación:* los ayudantes de investigación colaborarán en el diseño y consolidación de las bases de datos que serán generadas en el marco del proyecto y que serán



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,**  
**INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**

utilizadas para la estimación de los modelos. Asimismo, los ayudantes de investigación colaborarán en las diferentes etapas de la modelización matemática.

**16.3 Monto y justificación de los investigadores invitados**

No Aplica

**16.4 Monto y justificación de los viajes y salidas del campo requeridos**

De ser exitosos, esta propuesta financiará la obtención de un año más de datos. Debido a la naturaleza temporal de nuestro muestreo, estamos obligados a recolectar la mayor cantidad de datos en la mayor cantidad de años, de tal manera que se construyan series temporales de datos con los que se pueden medir tendencias en el tiempo.

**16. FONDOS ADICIONALES**

Contamos con 20K USD del Laboratorio de la Dra Lauren O'Connell (Stanford University) con el que comenzamos a procesar colecciones de hormigas y que nos sirve para cubrir costos relacionados a identificaciones moleculares por Códigos de Barras de COI

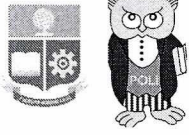
**B. DATOS INFORMATIVOS**

**1. INFORMACIÓN DEL DIRECTOR, CODIRECTOR, COLABORADORES Y COLABORADORES TÉCNICOS**

Apellidos y Nombres	No. de Cédula	HSS*	Departamento	Rol	Título de mayor nivel y mención.
Donoso Vargas David Andrés	0801423351	14	Biología	Director	PhD Ecología y Biología Evolutiva
Uquillas Andrade Adriana	1711459261	10	Matemática	Codirectora	PhD Estadística
Guerra Alomoto Mónica Alexandra	1712337680	10	Biología	Colaboradora	PhD Ecología, Evolución y Comportamiento
Salazar Méndez Yasmín	1001719796	10	Economía Cuantitativa	Colaboradora	PhD Economía

\* HSS =Horas Semana Semestre: Es el número de horas que se dedica por semana a la investigación. Este número de horas se mantiene para todo el semestre





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,  
INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**

**DECLARACIÓN FINAL  
DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO**

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto declara lo siguiente:

- Que el presente proyecto es una creación original de mi autoría y del equipo de investigadores, y por tanto asumimos la completa responsabilidad legal en caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la EPN de cualquier acción legal que se derive por esta causa.
- Que el presente proyecto no ha sido presentado en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada. El incumplimiento será causal para que el proyecto no sea tomado en consideración.
- Que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, aceptamos que éstos serán compartidos entre los investigadores y la institución o las instituciones participantes en el proyecto, conforme a lo establecido en el COESC.
- Que el equipo de investigadores y/o instituciones participantes se comprometen a mantener la confidencialidad de la información si ésta podría ser susceptible de protección por patentes, y solicitar la valoración de propiedad intelectual respectiva previa a cualquier publicación o difusión.
- Que para el caso de derechos de autor otorgamos una licencia de uso exclusivo con fines académicos para la o las instituciones participantes en el proyecto.
- Que aceptamos conocer y cumplir con la normativa vigente para la gestión de proyectos.

-----  
Firma del Director del Proyecto  
Nombre: David Andrés Donoso Vargas  
C.I.: 0801423351











**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**  
**PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**



**AÑO 1**

**Título del proyecto**

**Impactos del Calentamiento Global: Redundancia trófica entre dietas presentes y futuras de ranas aposemáticas**

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial con IVA/Aporte del IESS	Precio Total Referencial con IVA/Aporte del IESS
<b>1 Contratación de servicios personales por contrato</b>						
1.1 Ayudante de investigación 1	12	mes	\$ 208.32	\$ 2,499.81	\$ 208.32	\$ 2,499.81
1.2 Ayudante de investigación 2			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1.3 Prestación de servicios profesionales 1 (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)	12	mes	\$ 986.00	\$ 11,832.00	\$ 1,104.32	\$ 13,251.84
1.4 Prestación de servicios profesionales 2 (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)	12	mes	\$ 986.00	\$ 11,832.00	\$ 1,104.32	\$ 13,251.84
<b>Subtotal 1</b>			<b>\$ 2,180.32</b>	<b>\$ 26,163.81</b>	<b>\$ 2,416.96</b>	<b>\$ 29,003.49</b>
<b>2 Maquinaria y equipo especializado</b>						
2.1 Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 2</b>			<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>3 Equipo informático</b>						
3.1 Computadora portátil	1		\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,240.00	\$ 2,240.00
3.2 Impresora	1		\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,120.00	\$ 1,120.00
3.3 Proyector	1		\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,120.00	\$ 1,120.00
<b>Subtotal 3</b>			<b>\$ 4,000.00</b>	<b>\$ 4,000.00</b>	<b>\$ 4,480.00</b>	<b>\$ 4,480.00</b>
<b>4 Insumos y reactivos</b>						
4.1 Secuencias de COI Barcodes	1		\$ 4,000.00	\$ 4,000.00	\$ 4,480.00	\$ 4,480.00
4.2 Materiales de laboratorio Escuela	1		\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,120.00	\$ 1,120.00
4.3 Materiales para Exposiciones MEPN	2		\$ 1,000.00	\$ 2,000.00	\$ 1,120.00	\$ 2,240.00
4.4 Item 4 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 4</b>			<b>\$ 6,000.00</b>	<b>\$ 7,000.00</b>	<b>\$ 6,720.00</b>	<b>\$ 7,840.00</b>
<b>5 Literatura especializada</b>						
5.1 Cantidad de libros (especificar el area)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.2 Adquisición de artículos científicos			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 5</b>			<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>6 Salidas de campo y de muestreo</b>						
6.1 Pasajes al interior	10		\$ 250.00	\$ 2,500.00	\$ 250.00	\$ 2,500.00
6.2 Viaticos y subsistencias al interior	30		\$ 80.00	\$ 2,400.00	\$ 89.60	\$ 2,688.00
<b>Subtotal 6</b>			<b>\$ 330.00</b>	<b>\$ 4,900.00</b>	<b>\$ 339.60</b>	<b>\$ 5,188.00</b>
<b>7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas</b>						
7.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7.2 Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 7</b>			<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas</b>						
8.1 Pasajes al exterior	2		\$ 2,048.00	\$ 4,096.00	\$ 2,293.76	\$ 4,587.52
8.2 Viaticos al exterior	20		\$ 180.00	\$ 3,600.00	\$ 180.00	\$ 3,600.00
<b>Subtotal 8</b>			<b>\$ 2,228.00</b>	<b>\$ 7,696.00</b>	<b>\$ 2,473.76</b>	<b>\$ 8,187.52</b>
<b>9 Pago de inscripciones</b>						
9.1 Pago de inscripciones al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
9.2 Pago de inscripciones al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 9</b>			<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>10 Pago de publicaciones, suscripciones y patentes</b>						
10.1 Pago de publicaciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de publicaciones al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.3 Pago de suscripciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.3 Pago de patentes			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 10</b>			<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 49,759.81</b>		<b>\$ 54,699.01</b>

*Power*



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**  
**PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**



**AÑO 2**

Título del proyecto

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial con IVA/Aporte del IESS	Precio Total Referencial con IVA/Aporte del IESS
<b>1 Contratación de servicios personales por contrato</b>						
1.1 Ayudante de investigación 1	12	mes	\$ 208.32	\$ 2,499.81	\$ 208.32	\$ 2,499.81
1.2 Ayudante de investigación 2		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1.3 Prestación de servicios profesionales 1 (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1.4 Prestación de servicios profesionales 2 (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 1</b>			\$ 208.32	\$ 2,499.81	\$ 208.32	\$ 2,499.81
<b>2 Maquinaria y equipo especializado</b>						
2.1 Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.2 Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.3 Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.4 Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 2</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>3 Equipo informático</b>						
3.1 Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.2 Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.3 Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.4 Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 3</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>4 Insumos y reactivos</b>						
4.1 Item 1 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.2 Item 2 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.3 Item 3 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.4 Item 4 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.5 Item 5 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 4</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>5 Literatura especializada</b>						
5.1 Cantidad de libros (especificar el area)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.2 Adquisición de artículos científicos			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 5</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>6 Salidas de campo y de muestreo</b>						
6.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6.2 Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 6</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas</b>						
7.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7.2 Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 7</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas</b>						
8.1 Pasajes al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
8.2 Viaticos al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 8</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>9 Pago de inscripciones</b>						
9.1 Pago de inscripciones al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
9.2 Pago de inscripciones al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 9</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>10 Pago de publicaciones, suscripciones y patentes</b>						
10.1 Pago de publicaciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de publicaciones al exterior	2	1	\$ 1,000.00	\$ 2,000.00	\$ 1,370.00	\$ 2,740.00
10.3 Pago de suscripciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

*Donna*

10.3	Pago de patentes			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 10				\$ 1,000.00	\$ 2,000.00	\$ 1,370.00	\$ 2,740.00
TOTAL					\$ 4,499.81		\$ 5,239.81

*Power*





ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN  
PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



Título del proyecto

Presupuesto consolidado sin IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo especializado	Equipo informático	Insumos y reactivos	Literatura especializada	Salidas de campo y de muestreo	Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas	Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas	Pago de inscripciones	Pago de publicaciones y patentes	Total sin IVA
1	\$ 26,163.81	\$ -	\$ 4,000.00	\$ 7,000.00	\$ -	\$ 4,900.00	\$ -	\$ 7,696.00	\$ -	\$ -	\$ 49,759.81
2	\$ 2,499.81	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,000.00	\$ 4,499.81
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ 28,663.62	\$ -	\$ 4,000.00	\$ 7,000.00	\$ -	\$ 4,900.00	\$ -	\$ 7,696.00	\$ -	\$ 2,000.00	\$ 54,259.62

Presupuesto consolidado con IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo especializado	Equipo informático	Insumos y reactivos	Literatura especializada	Salidas de campo y de muestreo	Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas	Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas	Pago de inscripciones	Pago de publicaciones y patentes	Total con IVA
1	\$ 29,003.49	\$ -	\$ 4,480.00	\$ 7,840.00	\$ -	\$ 5,188.00	\$ -	\$ 8,187.52	\$ -	\$ -	\$ 54,699.01
2	\$ 2,499.81	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,740.00	\$ 5,239.81
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ 31,503.30	\$ -	\$ 4,480.00	\$ 7,840.00	\$ -	\$ 5,188.00	\$ -	\$ 8,187.52	\$ -	\$ 2,740.00	\$ 59,938.82

*Porto*