

Editorial	1
Introducción	5

Conferencias Magistrales

•.. Pruebas estadísticas útiles para investigaciones de campo. KYLE HARMS	7
•.. La evolución del comportamiento de nidificación en los psitácidos. JESSICA R. EBERHARD	10
•.. Aclimatación fotosintética en la liana <i>Stigmaphyllon lindenianum</i> (Malpighiaceae) a cambios lumínicos en el dosel de un bosque tropical seco. GERARDO AVALOS	11
•.. Aspectos sobre la biología de los anfibios. MARICEL TEJEIRA	12
•.. Aspectos sobre la biología de los reptiles. MARICEL TEJEIRA	13
•.. El Parque Internacional La Amistad (PILA): Zonas de Vida y Estructura General. PEDRO A. CABALLERO RUÍZ	14

Informe de los proyectos presentados por los estudiantes

A. ECOFISIOLOGÍA VEGETAL..

•.. Relación entre la transmitancia y edad de las hojas en cuatro especies de plantas de un bosque tropical.. ARJONA, I., Y. CANDANEDO, D. CABALLERO, W. QUINTERO Y J. VARGAS	17
•.. Estudio de la floración de <i>Palicourea</i> sp. (Rubiaceae). VALLEJOS, B., I. ARJONA, A. ROBLES, M. TAPIA Y K. GRUBER	19
•.. ¿Utilizan las plantas alguna arquitectura para disminuir la probabilidad de superposición de sus hojas ?.. ATENCIO, N., Y. CANDANEDO, F. ORTÍZ Y D. VÁSQUEZ	22

B. HERBIVORISMO..

•.. Efecto de la luz y edad de las hojas en el porcentaje de herbivorismo en <i>Wercklea woodsonii</i> (Malvaceae).. ARAÚZ, V., W. CASTRELLÓN, O. FRAGO, Y. GONZÁLEZ, N. RÍOS Y O. SAMANIEGO	24
•.. Comparación de herbivorismo en áreas abiertas y cerradas de un bosque nuboso (PILA). CABALLERO, D., J. SAUCEDO, I. GONZÁLEZ Y M. BENÍTEZ	27

C. DIVERSIDAD VEGETAL..

•.. Luz y biodiversidad en helechos terrestres. GONZÁLEZ, Y., V. ARAÚZ, I. GONZÁLEZ Y B. VALLEJOS ..	29
•.. Observaciones de la diversidad de especies vegetales de un bosque primario y un bosque secundario en el PILA. ORTÍZ, F., A. RODRÍGUEZ, O. SAMANIEGO Y D. VÁSQUEZ	31
•.. Factores que influyen en la diversidad y abundancia de líquenes y musgos. BENÍTEZ, M., N. ATENCIO, D. CABALLERO Y A. RODRÍGUEZ	34
•.. Colonización de epífilas en hojas puntiagudas de lianas y arbustos. CANDANEDO, Y., V. ARAÚZ, J. SAUCEDO Y D. VÁSQUEZ	36
•.. Efecto de la altitud en la densidad de <i>Wercklea woodsonii</i> (Malvaceae). CASTRELLÓN, W., I. ARJONA, O. FRAGO, W. QUINTERO Y J. VARGAS	38

- Comparación de dos especies de helechos en relación a la cercanía de un cuerpo de agua.
GONZÁLEZ, I., Y. GONZÁLEZ, K. GRUBER, N. RÍOS Y O. SAMANIEGO 40

D. DIVERSIDAD ANIMAL

- Abundancia de insectos en dos tipos de hojas guías de *Heliconia* sp. PATIÑO, D., F. ORTÍZ,
A. ROBLES Y B. VALLEJOS 42
- Abundancia y densidad de anfibios en tres hábitats diferentes del sendero El Retoño. RÍOS, N.,
N. ATENCIO, M. BENÍTEZ, W. CASTRELLÓN Y O. FRAGO 44
- Aparición de aves en los estratos de un bosque nuboso en un período de dos horas. VARGAS, J. ,
D. PATIÑO, W. QUINTERO Y A. RODRÍGUEZ 46
- Diversidad y abundancia de pequeños roedores en dos tipos de hábitats de un bosque nuboso.
ROBLES, A., M. TAPIA, D. PATIÑO, J. SAUCEDO Y K. GRUBER 49

Pruebas estadísticas útiles para investigaciones de campo

Kyle Harms, Ph. D.
Instituto Smithsonian de
Investigaciones Tropicales

Al principio de una investigación usualmente se ha visto algo interesante en el campo. Por ejemplo, hemos observado que los individuos adultos del sapo *Bufo marinus* a pesar de ser de la misma edad varían mucho en tamaño. Esto parece interesante y quiero saber porque razón es así. Al principio de la investigación, entonces, tengo una pregunta clara y sencilla: ¿Porque varían en tamaño los adultos de *Bufo marinus*?

Ahora me pongo a pensar en el "porque". Quiero saber porque los individuos varían en tamaño. Por otro lado, quiero saber cuales son los mecanismos que tienen una influencia en producir el tamaño de un individuo a una cierta edad. Es decir: Cuáles son los factores que influyen el tamaño del individuo adulto? Podría ser que los diferentes individuos han crecido en diferentes ambientes (por ejemplo, altitud alta o baja) durante su desarrollo. También, podría ser que los machos y las hembras son de tamaños diferentes. Dependiendo de los factores que determinan el tamaño del individuo adulto, quiero también saber ¿cuales son los beneficios y costos para los individuos de los diferentes tamaños. Es decir: Cuales son los beneficios y costos para individuos que han crecido bajo diferentes influencias que tienen que ver con el tamaño? Por ejemplo, si el ambiente tiene que ver con el tamaño, quiero saber cuales son los beneficios y costos de tener los tamaños diferentes en los diferentes ambientes y si son adaptativos y/o ventajosos? Si el sexo tienen que ver con el tamaño, quiero saber cuales son los beneficios y costos de los diferentes tamaños para cada sexo, para entender mejor porque cada sexo tiene su propio tamaño promedio.

Como vemos, muchas preguntas han surgido de la pregunta sencilla inicial. Para empezar,

voy a escoger una sobre la cual puedo coleccionar datos en un día. Yo sé que en algunos animales el sexo es un factor que influye en el tamaño del individuo adulto. Entonces, para empezar mi investigación, voy a determinar si el sexo es un factor que esta relacionado con las diferencias de tamaño de los sapos. Después, si hay una diferencia entre machos y hembras, puedo hacer otros estudios sobre los costos y beneficios de diferentes tamaños para cada sexo. Entonces, mi pregunta específica es: ¿Hay una diferencia entre el tamaño de los adultos machos y hembras del sapo *Bufo marinus*? (Recordar, sin embargo, que mi pregunta sobre todo es: ¿Porque varían en tamaño los adultos de *Bufo marinus*?).

Muchas veces las respuestas posibles a una pregunta vienen forma de hipótesis alternas. La hipótesis nula es aquella en la que el factor, o factores, dados no tienen efectos en la variable medida (o que las variables medidas no están relacionadas). Cada pregunta que va a usar una prueba estadística tiene sólo una hipótesis nula. La hipótesis alterna es que el factor si tiene efecto en la variable o que las variables si están relacionadas una a las otras de alguna manera. La Hipótesis alterna puede estar dividida en varias hipótesis más específicas. En mi ejemplo, la hipótesis nula es: No hay diferencia de tamaño entre los sapos según el sexo cuando son adultos. Mi hipótesis alterna principal es: Hay diferencia de tamaños entre sapos según el sexo cuando son adultos. Mi hipótesis alterna puede estar dividida en 2 hipótesis alternas más específicas. Hipótesis alterna numero 1 podría ser: Los machos son mas grandes que las hembras. Hipótesis alterna numero 2 podría ser: Las hembras son mas grandes que los machos.

Ahora puedo pensar en el diseño del experimento o las observaciones que voy a usar para

hacer mi prueba. Es muy importante que lo haga bien porque las estadísticas solo son herramientas para entender patrones dentro de mis datos, y tienen sus limitaciones. Por lo menos, lo que necesito es: 1) un número de muestras suficientemente grande, 2) replicación de muestras y 3) independencia entre muestras. Sería útil ver una discusión sobre estos conceptos dentro de un libro de estadística o dentro del manual de Paton (1994).

Para terminar mi ejemplo, decidí comparar los tamaños medidos como peso hasta 0.1 g, de individuos de machos y hembras encontrados al azar en una reserva pequeña. Decidí que una cantidad de 30 individuos de cada sexo sería representativa de la población en la reserva. Decidí usar estos datos como continuos y voy a comparar los promedios de los 2 grupos de individuos (machos vs. hembras) con una Prueba t de Student o con una prueba U de Mann - Whitney, dependiendo en que forma se toman los datos en 2 histogramas que muestran las distribuciones de frecuencia de tamaño para cada grupo (cada sexo).ss Analice las diferentes pruebas y porqué se escogieron éstas.ss

HACIENDO LAS PRUEBAS

Las pruebas que se van a usar más comúnmente, junto con algunas notas sobre sus usos se describen a continuación. No se presentan las fórmulas, pero éstas se pueden buscar en el manual de Paton (1994) o en un libro de estadística. Cada prueba da una probabilidad para que se pueda evaluar la hipótesis nula de la misma, esta probabilidad se llama "p". Si el valor de p es menor de 0.05 ($p < 0.05$), usualmente decimos que tenemos evidencia para rechazar la hipótesis nula. Si el malos de p es mayor de 0.05 ($p > 0.05$), usualmente decimos que no tenemos evidencia para rechazar la hipótesis nula y por lo tanto la aceptamos.

PRUEBAS I.

PARA COMPARAR PROMEDIOS (O MEDIANAS)

Prueba t de Student - utilizada para comparar los promedios de 2 grupos ; los datos de cada grupo deben ser continuos y distribuidos en una forma "Normal" (como una campana cuando se gráfica la distribución de frecuencia en un histograma). La hipótesis nula de la prueba sería que los 2 gru-

pos tienen el mismo promedio. Por ejemplo, si quiere comparar el promedio de los pesos de un grupo de 30 sapos machos con el promedio de los pesos de un grupo de 30 hembras, usando datos de pesos medidos con una precisión de 0.1 g.

Prueba U de Mann-Whitney - usada en vez de la Prueba t de Student cuando los datos no están distribuidos de una forma Normal; con esta prueba se comparan medianas en vez de promedios. La hipótesis nula sería que los 2 grupos tienen la misma mediana.

Prueba t con datos en pareja - usada para comparar los promedios de 2 grupos de datos donde cada individuo de un grupo tiene una pareja natural en el otro grupo; los datos de cada grupo son continuos y distribuidos en una forma Normal. La hipótesis nula a sería que los 2 grupos tienen el mismo promedio. Por ejemplo si quiero comparar el tamaño de un macho y una hembra de cada una de 30 familias de sapos.

Prueba de Wilcoxon - usada en vez de la Prueba t con datos en pareja, cuando los datos de los 2 grupos no están distribuidos en una forma Normal. La hipótesis nula sería que los 2 grupos tienen la misma mediana.

ANOVA - es igual a la Prueba t de Student, excepto que con esta prueba se puede comparar 2 o más grupos a la misma vez. La hipótesis nula sería que todos los grupos tienen el mismo promedio. Por ejemplo si quiero comparar los tamaños de 4 grupos de sapos para ver si hay una diferencia entre sexo, ambiente en que han crecido y la interacción entre sexo y ambiente ; los 4 grupos son : machos de altitud baja, hembras de altitud baja, machos de altitud alta, hembras de altitud alta.

PRUEBAS II.

PARA COMPARAR DISTRIBUCIONES DE DATOS QUE VIENEN EN CATEGORÍAS (ANÁLISIS DE DATOS DE FRECUENCIA)

Prueba de Chi-cuadrado - cuando los datos son conteos de individuos en categorías, y se quiere comparar las distribuciones o frecuencias entre 2 o más categorías.

Prueba de Chi-cuadrado de bondad de ajuste - la versión de la prueba Chi-cuadrado apropiada para una comparación entre los datos colectados (utilizando los conteos de individuos dentro de las categorías) comparando una distribución teórica o esperada de esos individuos. La hipótesis nula sería que la distribución observada entre las categorías es igual a la distribución esperada. Por ejemplo, si quiero comparar mis datos sobre todos los sapos adultos que he encontrado para ver si hay una diferencia en el número de machos y de hembras en la población, podría preguntar si la población de individuos entre macho y hembra difiere de 50 :50 (lo que se espera si las frecuencias son iguales). Un ejemplo de datos posibles será :

Número de	Número observado	Número esperado si el número de machos es igual al de hembras
machos	120	75
hembras	30	75

B.- Prueba de Chi-cuadrado de Independencia- la versión de la Prueba de Chi-cuadrado es apropiada para una comparación entre categorías de 2 clasificaciones, utilizando los conteos de individuos dentro de las categorías de las 2 clasificaciones. La hipótesis nula sería que los individuos están distribuidos de la misma forma en las 2 clasificaciones de categorías. Por ejemplo, quiero ver si la distribución entre machos y hembras es diferente entre dos ambientes (la primera clasificación de categorías sería el sexo y la segunda clasificación sería el ambiente y podría ser altas elevaciones comparada con las bajas elevaciones) Un ejemplo de datos posibles sería el siguiente:

Número de Observaciones	Número observado de machos	Número observado de hembras
Ambiente de alta elevación	120	30
Ambiente de baja elevación	360	90

**PRUEBAS III.
PARA COMPARAR LA RELACIÓN ENTRE DOS VARIABLES**

Regresión Lineal - se utiliza para ver si existe una relación entre 2 variables cuando se piensa que una variable tiene una influencia causal sobre la otra. La Hipótesis nula sería que no hay una relación entre las dos variables. Por ejemplo para observar si existe una relación entre tamaño de sapos

hembras y el número de huevos que pueden producir.

Correlación - usada para verificar si existe una relación entre dos variables sin pensar que una variable tiene influencia causal sobre la otra. La hipótesis nula sería que no hay una relación entre las dos variables. Por ejemplo si observamos que dentro de parejas de sapos en cópula hay una relación entre el tamaño del macho y el tamaño de la hembra. Hay la posibilidad de que todos los machos busquen hembras grandes, pero que machos grandes dominan a los machos pequeños y entonces los machos pequeños solo pueden tener éxito con hembras pequeñas, quienes no atraen a machos grandes. Entonces, las hembras grandes usualmente estarían relacionadas con machos grandes y hembras pequeñas estarían relacionadas con machos pequeños.

CONCLUSIÓN Y OTRA FUENTE DE INFORMACIÓN

Como se pudo ver, a veces uno tiene que responder muchas preguntas para entender completamente una pregunta que se ha formulado.

Así es la ciencia, respondiendo algunas preguntas que a su vez generan otras y al mismo tiempo estamos aprendiendo mejor como funciona el mundo en que vivimos.

Se recomienda el uso del manual de Bioestadística de campo escrito por Steve Paton, *et. al.* (1994).

REFERENCIAS

- PATON S., I. C. Castro y P. Whelan. 1994. *Introducción a la Bioestadística de Campo*. Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos. A & B Editores. Galápagos - Ecuador. 143 páginas.