

# Diseños experimentales ¿qué son y cómo se utilizan en las ciencias acuáticas?

José Alberto Montoya-Márquez\*, Leticia Sánchez-Estudillo\*\*  
& Pablo Torres-Hernández\*\*

## Introducción

En este documento abordaremos qué es un diseño experimental y posteriormente cómo se usa en la acuicultura y en biología marina, sus implicaciones y algunos errores al aplicarlos, así como el efecto que tienen estos errores y sus posibles soluciones. Para adentrarnos a estos temas es importante definir primero la importancia de la experimentación en las ciencias acuáticas y el papel que ésta juega en la investigación científica.

### Importancia de la investigación experimental en biología marina y acuicultura

En las ciencias biológicas la experimentación ha contribuido, de manera importante, en establecer modelos que expliquen los fenómenos biológicos. En este sentido existe un sinnúmero de ejemplos, ya sea en investigaciones fisiológicas, bioquímicas, ecológicas, ecofisiológicas, de conservación, re poblamiento, etc. Modelos que han explicado importantes relaciones: depredador-presa, competencia, colonización, modelos de reclutamiento, modelos de crecimiento, etc. (Hurlbert 1984, Odum 1984, Underwood 1997, Clarke & Warwick 2001). Esta información ha contribuido a construir las bases de la ciencia actual, permitiendo no sólo explicar el mundo que nos rodea sino también posibilitándonos a predecir eventos o fenómenos.

Por otro lado, la acuicultura es una biotecnología dirigida al cultivo de plantas y animales en un sistema acuático para el aprovechamiento humano. Este sistema, integra factores como: la infraestructura (tipo de estanque), el ambiente (características del

agua y el clima), los organismos (comportamiento, reproducción, relaciones inter e intra específicas, etc.), los flujos energéticos (insumos como el alimento y las descargas) y al acuicultor (técnicas de manejo, recursos económicos, etc.). La interacción de las variables asociadas a cada uno de éstos, determina los procesos que se dan durante el cultivo.

El grado de control de los procesos que se desarrollan dentro del sistema, difiere con respecto al tipo de cultivo, y en la medida que crece la inversión económica se requiere mayor seguridad de que las técnicas sean eficientes y concluyan en lo que inicialmente fue proyectado. En este sentido, la evaluación y desarrollo de las tecnologías de producción con base en los conocimientos adquiridos mediante el método científico, permite proponer modelos que proyecten y evalúen con certeza los procesos que rigen los cultivos. Evidentemente, la implementación de una tecnología evaluada experimentalmente, deberá analizarse también a nivel piloto (técnico-financiero) antes de proponerse a escala comercial.

¿Qué es un diseño experimental? El proceso de la investigación

Para entender lo que es un diseño experimental, es pertinente que primero hablemos del proceso de la investigación. Es una serie de pasos bien establecidos, aunque no rígidos (Pérez-Tamayo 2003) ni dogmáticos, los cuales permiten a los científicos tener nuevos conocimientos del mundo que nos rodea para así poderlo entender de mejor manera (fig. 1).

\* Instituto de Recursos, Universidad del Mar, campus Puerto Ángel, 70902, Puerto Ángel, Oaxaca.

Correos electrónicos: amontoya@angel.umar.mx, albmarlin@hotmail.com

\*\* Instituto de Industrias, Universidad del Mar, campus Puerto Ángel.

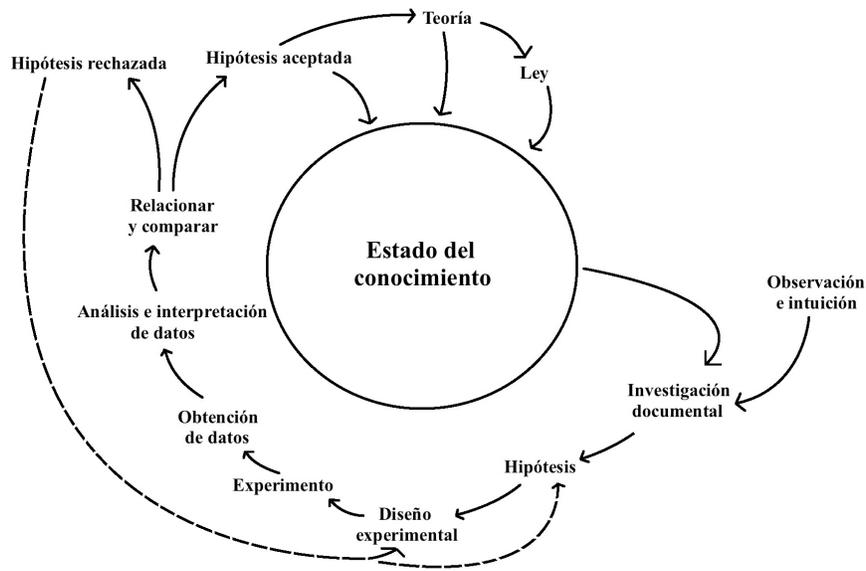


Figura 1. Proceso de la investigación científica en los estudios experimentales.

### La pregunta de investigación: la hipótesis

El desarrollo de la investigación comienza con la concepción de la investigación (fig. 1). En esta parte es muy importante el conocimiento que el investigador tenga del fenómeno en cuestión, además debe hacer una revisión exhaustiva de la información publicada que le permita establecer un marco conceptual adecuado. No es necesario que las interrogantes se encuentren en la vanguardia de la investigación, pero sí que aporten al arte del conocimiento científico (o tecnológico).

Una vez que el investigador se ha planteado la o las preguntas, entonces se proponen posibles soluciones o explicaciones (hipótesis) a las interrogantes y por lo tanto, se necesita evaluarlas; es decir, corroborar o desechar dichas explicaciones. La evaluación de la hipótesis es el catalizador de la ciencia, su aceptación o rechazo es un proceso sumamente importante. Una idea generalizada es que las hipótesis siempre deben ser aceptadas, que cuando se rechazan o no se aceptan, entonces la investigación no sirvió. Nada más falso, ya que el conocimiento en general y la ciencia en particular se construyen a través de corroboraciones de nuestra realidad o de desechar planteamientos básicos.

Una vez que se tienen definidas las hipótesis de la investigación, se plantean los

objetivos de la misma. Se debe de contar con un método que nos permita aceptar o rechazar las hipótesis, para lo cual necesitamos adquirir información que nos faculte para tomar la decisión; esta información se obtiene a través de un diseño de investigación, el cual aportará un cúmulo de datos, relativamente fáciles de analizar y que permitirán aceptar o desechar las hipótesis con cierta confianza.

La formulación de la hipótesis es un tema extenso y existen varias corrientes académicas. Para una revisión al respecto recomendamos leer los textos de Pérez-Martínez (1991), Underwood (1997), Méndez-Ramírez *et al.* (1998), Hernández-Sampieri *et al.* (2003), Tamayo y Tamayo (2003).

### El diseño experimental

Existen en general dos formas de adquirir datos; a través de un diseño experimental o de un diseño de muestreo. El primero generalmente se usa cuando nuestra investigación involucra un experimento; es decir, cuando al menos se controla un factor (variable) en el estudio. Everitt (1998) expone una definición formal de un estudio experimental:

“...estudios en donde el investigador puede deliberadamente influenciar en los eventos, e investigar los efectos de la intervención”.

El diseño de muestreo se usa cuando nuestro estudio es de tipo observacional. Méndez-Ramírez *et al.* (1998) definen a este tipo de estudios como aquellos donde el investigador no manipula ninguna variable de estudio (ej. especies de equinodermos en un arrecife, avistamientos de ballenas en una temporada, etc.). A pesar de que el objetivo del presente texto sean los estudios experimentales, algunos de los principios de éstos pueden ser aplicados a los estudios observacionales.

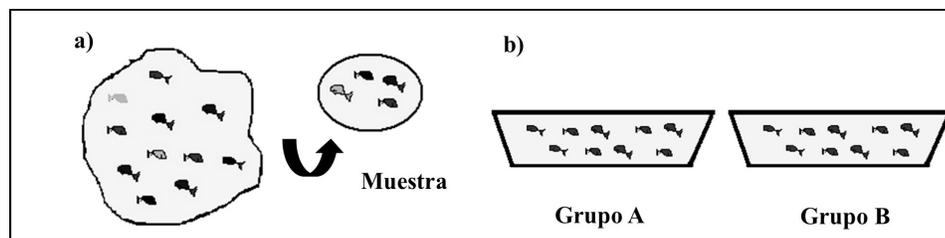
En cualquier tipo de investigación es muy importante considerar la validez externa e interna. La validez externa se refiere a que nuestro estudio debe ser representativo de la realidad (Méndez-Ramírez *et al.* 1998), es decir que lo que obtengamos en el estudio sea igual a lo que sucede en la población. Otra forma de visualizarlo es que nuestro resultado sea una imagen en pequeño de lo que sucede en el mundo. Esta validez depende del muestreo, y permite la extrapolación de la muestra a la población (fig. 2a).

La validez interna se refiere a la comparabilidad entre los grupos a contrastar (Méndez-Ramírez *et al.* 1998); es decir que los grupos que vamos a comparar deben ser, al inicio del experimento, lo más parecido posible (fig. 2b). Esto es importante ya que si los grupos son diferentes, entonces los resultados que obtengamos pueden no reflejar el efecto del factor o tratamientos que estemos probando; recordemos que un estudio experimental, tiene como objetivo probar el efecto de una o más variables o factores (tratamientos) sobre un objeto dado (que pueden ser personas, animales, plantas, objetos, etc.). Con la validez interna se controlan los factores que pueden confundir nuestras interpretaciones.

La relación entre ambos tipos de validez es inversa y el investigador tendrá que decidir a cuál le da más importancia. Generalmente los estudios experimentales suelen tener alta comparabilidad entre grupos pero poca representatividad, a diferencia de los observacionales que generalmente tienen más validez externa que interna. Para subsanar el problema de la baja representatividad en los experimentos, a partir de los años 80's del siglo pasado, varios ecólogos propusieron estudios experimentales en campo (llamados estudios de mesocosmos; Odum 1984).

El diseño experimental se refiere al proceso para planear el experimento, de tal forma que se recaben datos adecuados (Montgomery 2003). Su objetivo es el de obtener información acerca del fenómeno estudiado, información veraz, clara y suficiente, sin error o con un error que podamos manejar o controlar. Por cierto, el diseño experimental debe ser lo más sencillo posible evitando errores ya sean de manejo y/o conceptuales. Es sumamente importante que antes de realizar el experimento se planee de forma adecuada su diseño.

El diseño del experimento debe definir las variables que vamos a controlar (factores que se mantienen constantes); la o las variables que vamos a probar (factores del diseño y sus niveles se les conoce como tratamientos); los objetos (animales, plantas, etc.) a los cuales se les medirá el efecto de o los factores del diseño; el espacio físico dónde vamos a poner dichos objetos (unidades experimentales), es decir donde se van a colocar, que por cierto es el espacio donde se aplicarán los tratamientos; y las variables que vamos a medir como respuesta al efecto de los tratamientos sobre los objetos de estudio (variables respuesta; figs. 3 y 4).



**Figura 2.** Tipos de validez; a) externa; la muestra tomada de la población debe de representar las características de ésta, y b) interna; se comparan dos grupos con tratamientos diferentes, los grupos, al inicio deben tener características homogéneas.



**Figura 3.** Ejemplos de diferentes experimentos. Se muestran las unidades experimentales. (Las fotos de los incisos a), b) y d) tomadas por Leticia Sánchez-Estudillo, foto del inciso c) cortesía de Meléndez-Cal y Mayor, 2005).

La importancia de un diseño experimental es que da validez a la investigación, y permite controlar el error aleatorio, es decir la variación no considerada de nuestros objetos de estudio, además de que facilita el análisis de datos.

Los principios indispensables para que un experimento sea correcto son: aleatorización, independencia de la muestra, simplicidad, replicación, tamaño adecuado de la muestra y el control o blanco.

Antes de realizar el experimento se seleccionan los objetos de estudio al azar (peces en la fig. 4). En el ejemplo de la figura 4, se va a probar el efecto de dos tratamientos ( $t_1$  y  $t_2$ ) en los objetos de estudio, éstos son agrupados en cuatro grupos o unidades experimentales (UE). La asignación de los tratamientos a las UE se hace también, de manera aleatoria (representado por las líneas texturizadas en la figura), de esta forma se tienen dos repeticiones (réplicas) por tratamiento, cada una con seis individuos.

La replicación se define como la repetición del experimento y en el ejemplo de la figura 4 son las dos peceras (UE) con el mismo tratamiento (UE 2 y 4 con  $t_1$  y UE 1 y 3 con  $t_2$ ). Las repeticiones son sumamente importantes en el experimento, pues sin éstas los análisis pierden validez y por consiguiente los resultados y las conclusiones del mismo no serán válidos.

Que las muestras sean independientes significa que entre las UE no hay relación, esto es, por ejemplo, si algún pez (objeto de estudio) se enferma en la pecera uno (UE 1) sólo podría contagiar a los organismos de esa UE y no a los de la pecera dos.

En todo experimento es indispensable que exista un blanco, control o testigo, éste es una unidad experimental a la cual no se le aplica ningún tratamiento (Krebs 1999), sin embargo esta definición es incompleta porque si estamos, por ejemplo, probando diferentes dietas en el crecimiento de peces, a todos los organismos se les debe de dar alimento

(tratamiento). En este caso el blanco será un alimento previamente probado, por ejemplo de una marca comercial. La importancia del testigo radica en que son las únicas referencias con el mundo real que tenemos, es decir nos sirven para poder comparar y validar nuestros resultados; supongamos que el alimento de una marca X administrado a una tasa de alimentación, permite tener peces con un crecimiento de 2 gr al día, pero en nuestro experimento obtenemos un incremento menor con el mismo suministro de alimento X, entonces es probable que el control no sea confiable y nuestro ensayo sea incorrecto.

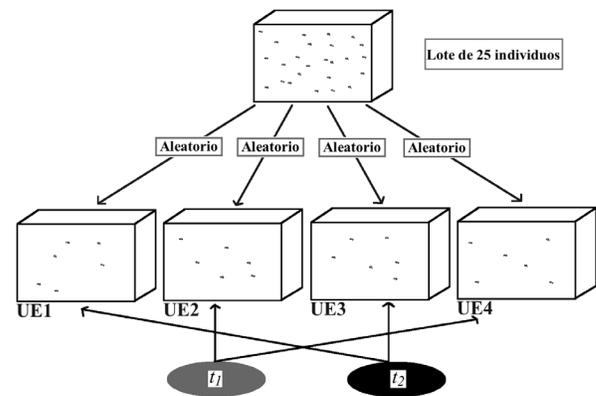
Una vez que se ha definido el diseño experimental, ahora sí podemos poner manos a la obra y realizar el experimento, al término de éste se obtienen y capturan los datos, se resumen y analizan de acuerdo con alguna herramienta estadística. Las conclusiones a las que se lleguen deben ser con base en estos análisis, así como la discusión que se haga de la comparación de nuestros resultados con otras investigaciones y al conocimiento que el investigador tenga del tema. Por último, pero no menos importante, se acepta(n) o deshecha(n) la(s) hipótesis de trabajo.

Es importante señalar que no es lo mismo la o las hipótesis de trabajo y las estadísticas, ya que generalmente suelen confundirse. Las hipótesis estadísticas son parte de la metodología estadística y no se requieren en el diseño de la investigación, a diferencia de la(s) hipótesis de investigación que son la base del estudio en cuestión.

Es pertinente que una vez que se hayan aceptado o rechazado la(s) hipótesis de investigación, se propongan recomendaciones para mejorar el experimento (en su caso) y nuevas hipótesis que puedan surgir a partir de los resultados obtenidos.

### Algunos errores, consecuencias y posibles soluciones en el diseño de experimentos

Ahora nos ocuparemos de los errores más comunes en los diseños experimentales dentro del campo de acuicultura y de la biología marina, sus consecuencias y posibles



**Figura 4.** Proceso de selección aleatoria de los objetos de estudio, formación de los grupos experimentales y asignación de los tratamientos a éstos. UE significa unidades experimentales.

soluciones. Decidimos separar estos errores, más o menos en orden cronológico según se presentan en el proceso de investigación, diseño experimental, realización del experimento y análisis de resultados (Tabla I).

### Errores en el diseño de la investigación

Generalmente estos ocurren cuando se está realizando el protocolo o proyecto de investigación. El proceso de investigación debe empezar con una revisión y análisis de la información existente. Esto no sólo nos permite plantear, valorar y definir de manera adecuada el problema, sino que además nos permite visualizar el tipo de diseño experimental más adecuado.

Es común (generalmente por falta de experiencia) que se plantee de manera incorrecta el problema de la investigación, esto es importante porque generalmente va a ser nuestra guía para luego plantear las hipótesis. Si el problema no está bien planteado es muy probable que las hipótesis tampoco lo estén, por lo que se recomienda que una vez que se haya terminado el protocolo éste sea revisado por un investigador con experiencia. De esta manera, si se observa alguna incongruencia es el momento de hacer correcciones, delimitaciones y enfoques convenientes. La solución de un planteamiento incorrecto es replantearlo de tal manera que quede claro y de ahí se puedan fácilmente, deducir la(s) hipótesis y los objetivos (Tabla I).

**Tabla I.** Errores más comunes, sus consecuencias y posibles soluciones en la aplicación de un diseño experimental.

Errores	Consecuencias	Soluciones
Diseño de la investigación		
Escasa investigación documental	Deficiente valoración del problema y/o selección incorrecta del experimento	Revisión y análisis exhaustivo de la información existente
Planteamiento del problema	Probables conclusiones erróneas	Replantear el problema y los objetivos de la investigación
Planteamiento incorrecto de los objetivos	Probable diseño experimental no adecuado para responder a las hipótesis de trabajo	Corregir los objetivos y revalorar las hipótesis
Planteamiento de la(s) hipótesis	Probables conclusiones erróneas	Reestructurar las hipótesis y los objetivos
Confusiones en la naturaleza de las hipótesis	Ninguna	Plantear de manera correcta las hipótesis
Diseño del experimento		
No aleatorizar	Invalidez en el análisis estadístico	Ninguna, repetir el experimento
No homogeneización de las unidades experimentales	Incremento del error experimental	Formación de bloques, aleatorización, análisis estadísticos adecuados
Muestras dependientes	Invalidez del análisis estadístico	Análisis estadísticos adecuados
Seudoréplicas	Conclusiones erróneas en cuanto al efecto de los tratamientos	Análisis estadísticos adecuados, sin solución
Ejecución del experimento		
Errores en la ejecución del experimento	Errores en la interpretación de los resultados	Ninguno, repetir el experimento
Aplicación de análisis estadísticos		
Creer que el análisis de la varianza de una vía puede resolver cualquier problema	Conclusiones erróneas	Seleccionar la prueba adecuada
No considerar los supuestos de las pruebas estadísticas	Conclusiones erróneas	Corroborar los supuestos y seleccionar la prueba adecuada

Otro error es plantear de forma incorrecta la(s) hipótesis, éstas deben de proceder lógicamente del planteamiento del problema, y tienen que ser claras y concisas, en ellas debe de especificarse la pregunta a dilucidar y la explicación a tal cuestión. En las hipótesis deben quedar de forma explícita y definida las variables que vamos a usar para corroborarlas.

A partir de las hipótesis se desprenden los objetivos, y si las primeras no son claras y bien estructuradas es probable que los objetivos sean confusos, por consiguiente el diseño experimental será erróneo, así como las conclusiones que de él se desprendan.

La solución es replantearse correctamente las hipótesis con base en el problema, especificando claramente las variables y cómo van a ser medidas (Tabla I).

En cuanto a la confusión en la naturaleza de las hipótesis de investigación, no consideramos

adecuado que éstas sean presentadas como hipótesis estadísticas (alternativa y nula), ya que éstas forman parte de la metodología estadística, el argumento es que por definición las hipótesis son, según Hernández-Sampieri *et al.* (2003) "explicaciones tentativas del fenómeno investigado, formulada a manera de proposiciones, suposiciones o argumentos de un fenómeno" y de acuerdo con Tamayo y Tamayo (2002): "enunciado de una relación entre dos o más variables sujeta a una prueba empírica // Proposición enunciada para responder tentativamente a un problema". Sin embargo, al presentar estas explicaciones tentativas como nulas y alternas, no tiene implicación sobre el diseño ni las conclusiones de la investigación.

#### Errores en el diseño del experimento

Este tipo de errores tienen implicaciones importantes en la investigación y las conclusiones de la misma, el más importante de ellos

es cuando las muestras no se han seleccionado al azar ya que invalida cualquier análisis estadístico (Montgomery 2003), por lo que las conclusiones obtenidas de esta información no tendrían validez; la única solución es repetir el experimento cuidando en seleccionar de forma aleatoria los objetos de estudio y de asignar de manera azarosa los tratamientos a los grupos experimentales.

El no homogeneizar las unidades experimentales hace que se pierda la validez interna incrementando el error experimental. Esto tiene dos efectos sobre el análisis estadístico:

1. Disminuir la posibilidad de detectar efectos de los tratamientos (potencia estadística), por lo que el análisis estadístico puede no distinguir diferencias entre dos o más tratamientos, debido a que la varianza de los grupos experimentales aumenta.
2. Si se distinguen diferencias estadísticas entre los grupos, éstas pueden ser debidas a otros factores ajenos al interés de la investigación (o factores de confusión) y no a la variable de interés (tratamientos). Los factores de confusión (por ejemplo diferentes respuestas metabólicas de peces dentro de una misma unidad experimental) tienen efecto en los objetos de estudio, lo que produce explicaciones alternativas incómodas para cualquier investigador.

Existen algunas soluciones para cuando no se han homogeneizado previamente las unidades experimentales, una de ellas es usar bloques, es decir grupos con condiciones similares que serán sometidos a los mismos tratamientos, de esta forma se controla el error experimental. Otra solución es la asignación aleatoria de los tratamientos a las unidades experimentales. Estas dos soluciones se hacen antes de que comience el experimento.

Si el ensayo ya finalizó, existen algunos análisis estadísticos que pueden ser de gran ayuda para disminuir el impacto de este error como son: a) el análisis de covarianza (ANCOVA), b) el análisis de varianza por bloques y c) el diseño anidado.

Todos los experimentos se hacen a través del tiempo (estudios longitudinales). Por ejemplo,

si se hacen mediciones a los objetos de estudio en diferentes lapsos a lo largo del experimento.

Por ejemplo se mide el peso de 10 camarones de la UE 2, los cuales fueron alimentados con la Dieta 1 en tres tiempos:  $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ , el volumen en  $t_1$  es dependiente del peso en  $t_0$  y el volumen en  $t_2$  está subordinado al peso en  $t_1$  y  $t_0$  respectivamente, por lo que las muestras (10 camarones en los tres tiempos) no son independientes (fig. 5).

Este es un ejemplo muy común en experimentos en acuicultura y biología marina, en donde las muestras no son independientes ya que muestran dependencia en el tiempo. Si no se considera esto y se analizan los datos como si fueran muestras independientes, estaríamos cometiendo un error grave y los análisis estadísticos no serían válidos. La solución es usar el análisis estadístico adecuado; en el ejemplo, el análisis sería de medidas repetidas.

Cuando las muestras (como en el caso anterior) o las réplicas no son independientes se les conoce como seudoréplicas (Hurlbert 1984), y como ya se mencionó, uno de los principios básicos del diseño experimental es que las réplicas sean independientes. Que no lo sean, significa que guardan algún tipo de relación entre ellas (figs. 6 y 7).

Este tipo de error afecta la estimación de la varianza intrapoblacional (dentro de los tratamientos) subestimando los cuadrados medios del error (CMerror) resultando en una

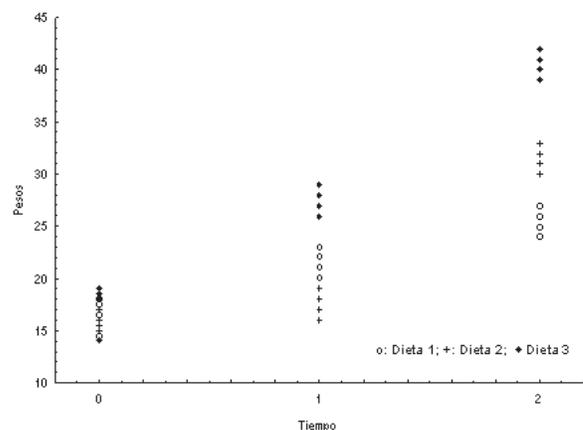
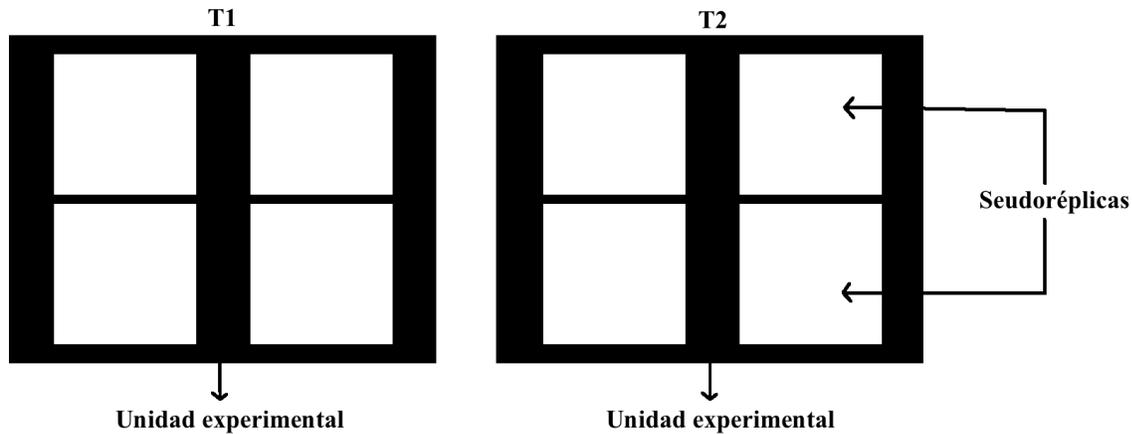


Figura 5. Ejemplo de un diseño en donde las muestras son dependientes en el tiempo. Los tratamientos están señalados con diferentes marcas.



**Figura 6.** Ejemplo de un diseño con seudoréplicas. Las cajas en negro son las unidades experimentales (UE) independientes. T1 y T2 indican el nivel de tratamiento aplicado. En este ejemplo no existen réplicas, es un error considerar a cada caja blanca como una réplica, cada una es una seudoréplica. Realmente tendríamos dos UE y 4 seudoréplicas por tratamiento.

sobrepotencialización de la prueba, por lo que aumenta el error tipo I. Esto significa que es muy probable que se encuentren diferencias entre grupos o tratamientos cuando no existen, por lo que las conclusiones serán erróneas en cuanto al efecto de los tratamientos. En cambio si no se distinguen diferencias entre grupos, a través de la prueba estadística, podría no haber tantos problemas en las conclusiones.

Ya que el error tipo I aumenta, una posible solución es trabajar a un nivel de significancia menor al establecido, es decir si se empezó a trabajar con un nivel de 0.05 entonces es recomendable que se haga el análisis a un nivel de significancia de 0.01 o más pequeño, esto con la finalidad de disminuir la probabilidad de cometer el error tipo I.

#### Errores en la ejecución del experimento

Si se cometen errores en la ejecución del experimento, por ejemplo que la temperatura que se debe controlar no se controla, o que las dietas no cumplan con lo requerido o no se tenga cuidado al manejar a los organismos, entonces los resultados no serán confiables y la única solución es repetir el experimento, lo cual implicarían costos en dinero, tiempo y organismos. Lo peor de que se cometan errores en el manejo del experimento es que pueden ser difíciles de detectar.

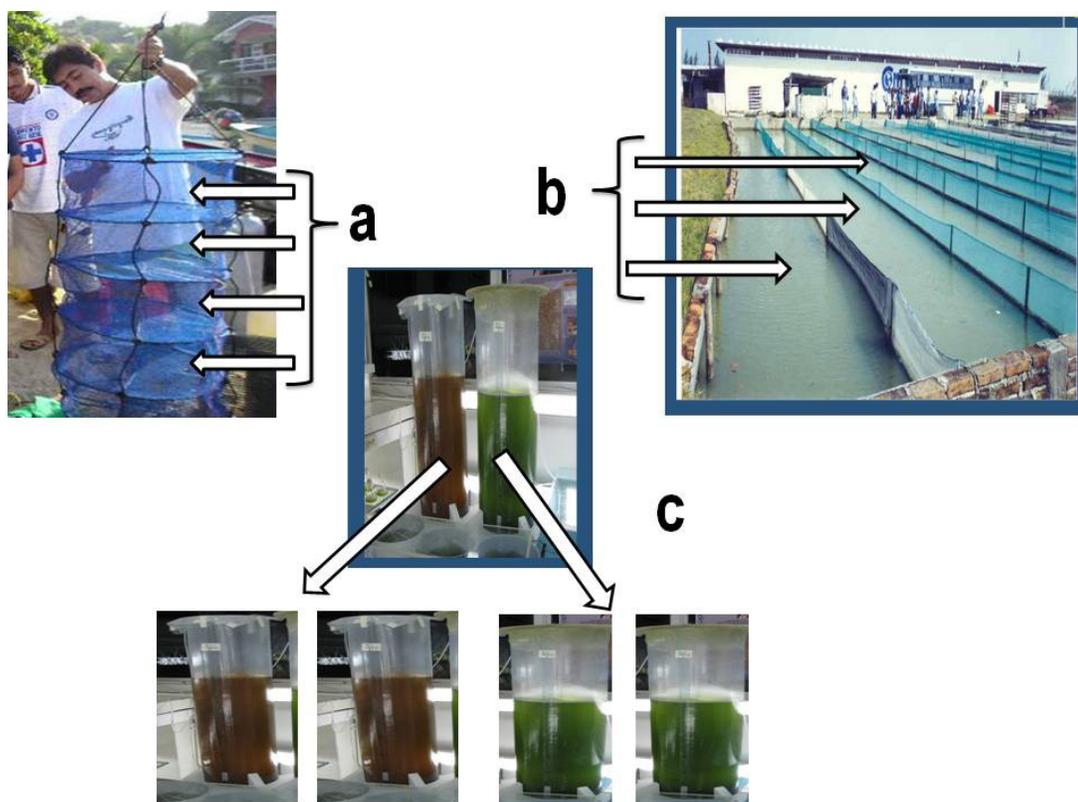
Por lo que es muy importante que cuando se lleva a cabo un experimento, se tengan los

cuidados necesarios siguiendo los protocolos establecidos y llevando siempre una bitácora.

#### Errores en la aplicación de análisis estadísticos

Aquí sólo queremos llamar la atención en dos aspectos. El primero es que en muchas tesis, trabajos revisados y trabajos de investigación existe el pensamiento común de que el uso del Análisis de la Varianza (ANDEVA) de una vía resuelve cualquier tipo de análisis, sin considerar otros tipos de diseños e incluso otras pruebas estadísticas igual o más potentes que ésta.

El segundo es no considerar los supuestos de las pruebas estadísticas. Si bien muchas de las pruebas paramétricas y no paramétricas son robustas al no cumplimiento de éstos, es muy importante analizarlos y observar los efectos de su incumplimiento, ya que de no hacerlo podemos cometer errores de interpretación (encontrar asociación entre variables cuando no existe, encontrar diferencias entre tratamientos cuando no existen o viceversa, etc.). Existen muchos casos documentados en los cuáles se cometen errores de interpretación por no haberlos considerado, en los libros especializados y artículos de estadística y de modelos lineales, existen discusiones interesantes al respecto (ver por ejemplo a Neter *et al.* 1990, Simberloff 1990, Hahn & Meeker 1993, Nester 1996, Underwood 1997, Johnson 1999, Siegel & Castellan 1998, Conover 1999, Narvaiza *et al.* 2000). Por lo que es muy



**Figura 7.** Ejemplos de seudoréplicas. Las flechas en el inciso a) y b) indican las seudoréplicas. En el inciso c) se muestran dos columnas de cultivo de microalgas (café y verde), de cada una se toman dos muestras (seudoréplicas). Imágenes de los incisos a) y c) por cortesía del laboratorio de microalgas de la Universidad del Mar.

importante considerar los supuestos de las pruebas estadísticas y determinar, si es el caso, las implicaciones de no cumplirlos.

En resumen, el diseño experimental va más allá de elegir el número de tratamientos y el tipo de unidades experimentales para resolver un planteamiento de investigación, se involucran conceptos previos para formular las preguntas adecuadas, se requiere concretar ideas para establecer objetivos y lo importante, además del experimento, es la capacidad del investigador para interpretar los resultados obtenidos y analizarlos de manera que se aproveche al máximo la información mediante un manejo adecuado de los resultados.

El análisis estadístico posterior es una herramienta valiosa, pero la veracidad de las conclusiones emitidas dependerá en gran medida de un diseño experimental adecuado, y de la interpretación que se da ante la evidencia generada para aceptar o rechazar las hipótesis de trabajo planteadas.

## Referencias

- Clarke, K.R. & R.M. Warwick. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2a ed. PRIMER-E, Plymouth.
- Conover, W.J. 1999. Practical nonparametric statistics. 3a ed., John Wiley & Sons, Inc. USA., 584 pp.
- Everitt, B. S. 1998. The Cambridge Dictionary of Statistics. Cambridge University Press. U.K., 360 pp.
- Hahn, G.J. & W.Q. Meeker. 1993. Assumptions for statistical inference. *American Statist* 47(1): 1-11
- Hernández-Sampieri, R., C. Fernández-Collado & P. Baptista-Lucio. 2003. Metodología de la Investigación. 3a ed. McGraw-Hill, Interamericana. México, 705 pp.
- Hurlbert, S. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54(2): 187-211.
- Johnson. D.H. 1999. The insignificance of statistical significance testing. *The Journal of Wildlife Management*. 63(3): 763-772
- Krebs, C.J. 1999. Ecological methodology. 2a ed. Benjamin/Cummings. Menlo Park, CA., 620 pp.
- Meléndez-Cal y Mayor, J.F. 2005. Efecto de la densidad de siembra en la maternización de camarón

- blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) con jaulas flotantes en la laguna Mar Muerto. Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Acuicultura. Universidad del Mar, México.
- Méndez-Ramírez, I., D. Namihira-Guerrero, L. Moreno-Altamirano, & C. Sosa de Martínez. 1998. El protocolo de investigación: lineamientos para su elaboración y análisis. Trillas, México, 210 pp.
- Montgomery, D. C. 2003. Diseño y análisis de experimentos. 2a ed., Limusa Wiley, México, D.F., 685 pp.
- Narvaiza, J.L., J.P. Laka, J.A. Madariaga, & J.V. Ugarte. 2000. Estadística aplicada a la gestión y a las ciencias sociales. Análisis de la Varianza y Regresión. Biblioteca de Gestión Desclée de Brouwer. Bilbao, 340 pp.
- Neter, M.R. 1996. An applied statisticians's creed. *Journal of Royal Statistics Series C*. 45(4): 401-410.
- Neter, J., W. Wasserman, & M.H. Kutner. 1990. *Applied Linear Statistical Models*. 3a ed., Irwin, Boston, MA, 1408 pp.
- Odum, E.P. 1984. The Mesocosm. *BioScience* 34(9): 558-562.
- Pérez-Martínez, R.A. 1991. Metodología de la investigación científica, aplicada a la salud pública. Trillas. México, D.F. 109 pp.
- Pérez-Tamayo. R. 2003. ¿Existe el método científico? La ciencia para todos SEP, FCE, CONACYT, COLNAC . 3a ed., Núm. 161. 301 pp.
- Siegel, S., & N.J. Castellan. 1998. Estadística no paramétrica: aplicada a las ciencias de la conducta. 4a ed., Trillas México, D.F., 437 pp.
- Simberloff, D. 1990. Hypothesis, errors, and statistical assumptions. *Herpetologica*. 46(3): 351-357.
- Tamayo y Tamayo, M. 2002. Diccionario de la investigación científica. Limusa. México. 242 pp.
- Tamayo y Tamayo, M. 2003. El proceso de la investigación científica. 4a ed., Limusa. México, 440 pp.
- Underwood, A.J. 1997. *Experiments in ecology: Their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press, UK., 504 pp.

**Recibido:** 06 octubre 2011

**Aceptado:** 11 septiembre 2012