

Reproducción de la Trucha Arcoiris, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) de 1985 a 1988 en la Piscifactoría Apulco, Puebla, México.

H. Reyes Bustamante¹ A. A. Ortega-Salas²

RESUMEN

Se realizaron 534 desoves artificiales múltiples de la trucha arcoiris, *Oncorhynchus mykiss*, entre los meses de invierno de 1985 a 1988 en la Piscifactoría Apulco, Puebla. Se realizó la fecundación en seco y se utilizó un sistema de incubadoras de tipo californiano. El peso de las hembras osciló entre 195 y 3,500 g y la edad varió entre 1.0 a 4.0 años. Se observó una relación inversa del peso de las hembras con respecto al número de huevos por kg. de hembra, aunque a mayor peso de hembra mayor cantidad de huevos, y una relación directa entre el diámetro de los huevos y el peso de la hembra. La mayor frecuencia de oculación ocurrió entre el día 13 y 19, y la de eclosión se presentó entre los días 20 y 29. El promedio de sobrevivencia fue del 38% y por tanto una mortalidad del 62%.

ABSTRACT

The removal of some 534 ova from rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, was carried out in the winter months from 1985 to 1988 in the Apulco fish hatchery in the State of Puebla. These ova were inseminated artificially and incubated using California type incubators. The weight of the females (from which the eggs were abstracted) varied between 195 and 3,500 g, and the age between 1.0 and 4.0 years. An inverse relation was noted between the weight of the female and the number of eggs per kilogram of weight of the female although, the greater the total weight of the female, the greater the number of eggs. Also there was a direct relation between the diameter of the eggs and the weight of the female. The highest rate of frequency of stage eyes occurred between the 13th and 19th day, and that of eclosion between the 20th and the 29th day. The average survival rate was 38%, by which it is to be understood, there was a mortality rate of 62%.

Introducción

La principal dificultad que tienen las granjas trutícolas en el mundo en su producción, es disponer de alevines de trucha de excelente calidad. En México se cuenta con 4 Centros Oficiales productores de crías: 1. Matzinga, Veracruz, 2. El Zarco, Edo de México, 3. Pucuat, Michoacán y 4. Apulco, Puebla. Estas unidades tienen una capacidad instalada para producir 15.7 millones de crías al año, pero la producción real es de 1/4 de esa cantidad.

En cuanto al crecimiento de las crías: alcanzan una talla de 7 cm a los 9 meses de edad, 20 cm al segundo año, de 30 a 38 cm a los tres años de edad, 40 cm al finalizar el cuarto año y más de 40 cm al quinto año (Lewis, 1976).

¹Facultad de Ciencias del Mar, UAS

²Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

La trucha se reproduce de manera natural entre los meses de noviembre y marzo (México).

La Piscifactoría Apulco tiene una capacidad instalada de producción de 1,200,000 huevos al año. Se tienen reproductores que no sobrepasan los 5 años de edad. En 1985, se realizaron las primeras experiencias de producción de huevos y alevines con una metodología más apropiada, de ahí que el presente, tiene como finalidad dar a conocer los primeros resultados de producción, fecundidad, eclosión, oculación, sobrevivencia y mortalidad, además de sus relaciones biométricas a partir de desoves artificiales múltiples.

MATERIALES Y METODOS

El clima de la región según Koppen modificado por García, es C(W2)(W)(BI)I, que es templado, semifrío y subhúmedo. Las lluvias son en verano, la temperatura oscila entre 10 y 20 °C, tiene una altura de 1,890 msnm.

La Piscifactoria Apulco cuenta con una sala de incubación que tiene 10 incubadoras de corriente vertical con 8 charolas, cada una permite la incubación de 5,000 huevos en cada charola. Como el período de incubación dura 4 meses es posible realizar 3 corridas, por lo que la capacidad de incubación es de 1,200,000 huevos. Tiene 24 tinas de alevinaje de 4 m x 0.4 m x 0.3 m, que permiten el manejo de 5,000 alevines de 1 a 2 cm., asimismo cuenta con 10 tinas redondas provistas de un sistema de circulación tangencial, miden 1.40 m de diámetro por 1.00 m de altura. Cada una permite el manejo de 5,000 alevines por 30 días. Exteriormente, cuenta con 12 estanques tipo "race ways" de 30 m x 6 m x 1.40 m, y una entrada individual de 20l/s. La capacidad es para 1,000 k de trucha (reproductores) por estanque. También cuenta con 12 estanques tipo "race ways" para crías, de 3 m x 12 m x 0.5 m, con un flujo de agua de 10l / s, permite una densidad de 5,000 juveniles de más de 5 cm de longitud.

En la época de reproducción los reproductores se seleccionaron por sexo, peso y talla, y se colocaron por sexo en diferentes estanques. Diariamente, se revisó la madurez gonadal de los reproductores con el fin de detectar aquellos que presentaran el quinto estadio de madurez, de acuerdo a Nikolsky (1963). En caso de detectar hembras o machos maduros, estos se trasladaron a la sala de incubación a fin de realizar desoves artificiales. La relación de sexos fue de 2,187 hembras por 1,814 machos.

Se procedió a obtener los óvulos por presión abdominal, estos se recibieron en una vasija de plástico en seco, enseguida se efectuó la misma operación para obtener el semen.

Ambos productos se mezclaron mediante una pluma de ave y se dejaron reposar por 2 ó 3 minutos a fin de que se efectuara la fertilización. Se desechó el exceso de esperma, lavándose con agua corriente y se procedió a su conteo por el método volumétrico. Se midió un volumen de 10 ml de huevo en cada desove y se contó. El volumen total originado por el desove múltiple de un grupo de hembras (1 a 4) se registró y se calculó el número de huevos por desove múltiple. Posteriormente, toda la muestra se vació en las charolas para iniciar el período de incubación. Se efectuó en 10 charolas artificiales tipo "Heat Techna". El flujo de agua fue de un litro por segundo y diariamente, se les trató con un gramo de verde de malaquita diluido en un litro de agua para cada una de las incubadoras. Del día 5 a la eclosión, se revisaron los huevos diariamente y se desecharon los huevos muertos.

Se utilizaron los paquetes QPW y el Excel para obtener los resultados. En el cálculo de la línea de regresión: $y = a + b(x)$ a, corresponde a la constante y b, corresponde al coeficiente de X (pendiente). En relación a la línea de regresión funcional (Ricker, 1975), se utilizó en ciertos casos, cuando el coeficiente de correlación fue muy bajo.

Alimento suministrado a los reproductores

Se suministró alimento balanceado marca ALBAMEX con 34% de proteína, 2% de grasas, 8% de fibra cruda, 12 % de humedad y 32% de carbohidratos. La tasa de alimentación fue del 3 al 5% del peso de la biomasa, y se les suministró en dos raciones, una por la mañana y otra por la tarde.

RESULTADOS

Distribución de la frecuencia del peso. Las Figs. 1 y 2 muestran la distribución del peso tanto para los reproductores machos como para las hembras que fueron utilizados en el desove artificial múltiple

En el caso de las hembras, su amplitud de peso osciló entre 195 g y 3,500 g y la mayor frecuencia ocurrió a los 550 g, estos ejemplares corresponden a hembras de aproximadamente 1 año. Su biomasa fue de 1'853,135 g. El peso en los reproductores machos

osciló entre 236 y 2,500 g y la mayor frecuencia fue a los 650 g éstos son ejemplares de aproximadamente 1.5 años. Su biomasa fue de 1'440,668 g.

Aquí se aprecia que la hembra de 195 g y el macho de 236 g son ejemplares de primera maduración. De este peso, hasta 550 g en hembras y 650 g en machos, son ejemplares que se están reclutando como reproductores. Por tanto, a partir de 550 g hasta 3,500 g en hembras y 650 g hasta 2,500 g en machos, ya todos son reproductores.

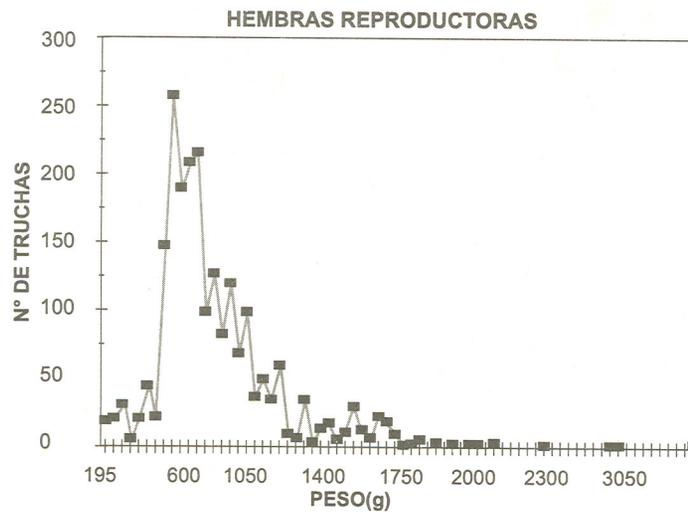


Fig.1

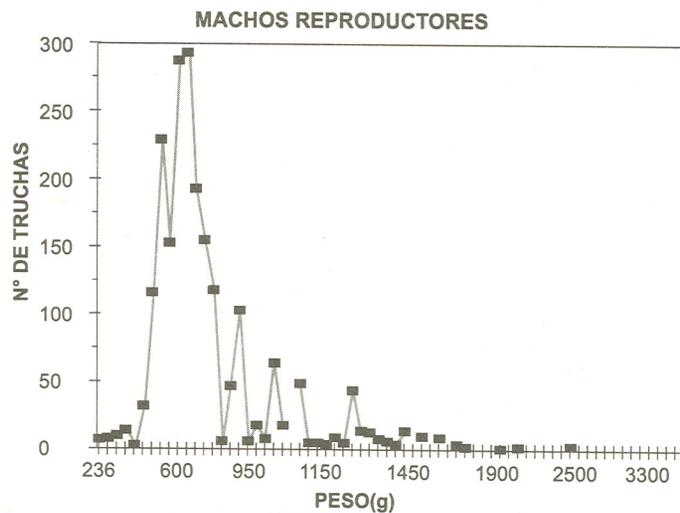


Fig.2

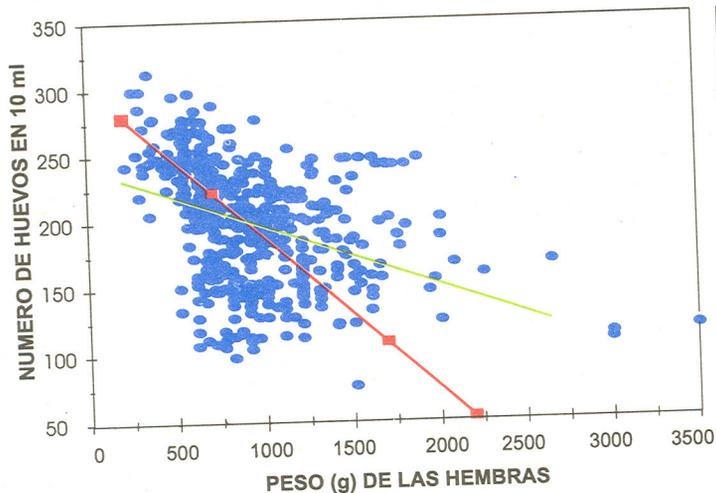
En estas gráficas de frecuencia por su peso, están representados ejemplares de edades que tienen desde 1 año hasta 5 años. Si se considera el peso como un índice de edad, los ejemplares de mayor peso tienen más edad, entonces de la máxima frecuencia de peso al máximo peso, en que va disminuyendo la frecuencia, podría considerarse como un índice de su mortalidad.

Distribución de la frecuencia del peso a través de los 3 años.- En las Figs. 3 a 8 se aprecia la distribución del peso, tanto para hembras como para machos a través de los años. En general, el peso promedio aumentó en las hembras de 914.9 a 963.5 g, y en los machos, aumentó de 869.4 a 876.6 g.

La mayor parte de los ejemplares de 1985-1986, fueron desechados en 1986-1987, por tanto estos del segundo año, de mayor frecuencia, son ejemplares que tienen 1.5 años. Entonces, los ejemplares de mayor frecuencia de 1987-1988, tienen un año más, es decir 2.5 años.

Las gráficas, tanto para hembras como para machos, muestran que hubo tres cortes principales, como se señala en los diferentes años y se deduce que hay representantes entre 1 y 5 años. Los de un año podrían pesar alrededor de 500 g; los de dos años, 1,000 g; los de tres años, 1,700 g; y los de más de cuatro años, 2,400 g.

Fecundidad. La Fig. 9 muestra la relación del número de huevos en 10 ml con el peso de las hembras. Hay una relación inversa, es decir entre mayor es el número de huevos en 10 ml, las hembras son menos pesadas y por tanto más jóvenes. Entre mayor peso tiene la hembra, hay menor cantidad de huevos en 10 ml. Aquí se presentan dos líneas de regresión, una que tiene menor pendiente y que corresponde a la obtenida por el método de los mínimos cuadrados (Número de huevos en 10 ml = $3645.8 - 0.9763$ [peso de la hembras]), y la segunda que corresponde a la línea de regresión funcional (Número de huevos en 10 ml = $304.414 - 0.11415$ [peso de la hembra]).



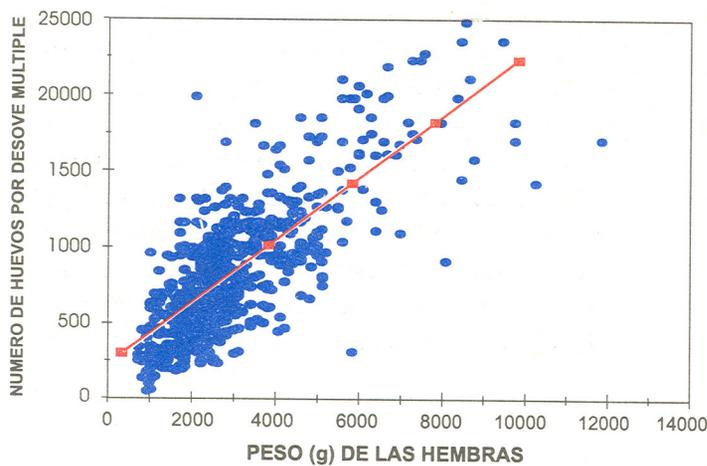
Resultado de la regresión:

Constante	3645.8759
Err estándar de est. Y	1009.2481
R. cuadrada	0.1252969
Núm. de observaciones	533
Grado de libertad	531
Coeficiente(s) X	-0.97635
Err estándar de coef.	0.1119486

Fig.9

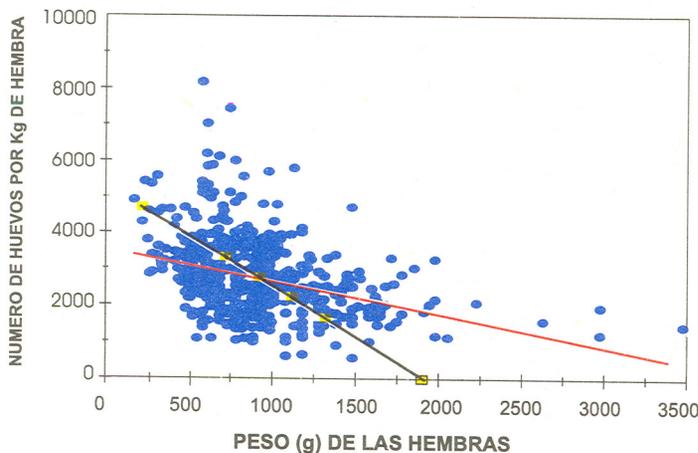
La Fig. 10 muestra la relación del número total de huevos de cada desove con el peso total de la hembras. Se observa una relación directa, es decir, aumenta el número total de huevos, cuando la hembra pesa más por su edad, probablemente, porque su gónada es mayor. Dos hembras que pesen 2 kg tendrán un promedio de 5 mil huevos y varias hembras que pesen 8 kg tendrán casi 20,000 huevos. El número total de huevos desovados en los tres años fue de 4,609,929.

La Fig. 11 muestra la relación inversa entre el número de huevos por kilogramo de peso de la hembra, y el peso de la hembra. Aunque por el método de mínimos cuadrados tenemos una correlación muy baja. Empleando el método de la regresión funcional (Richer, 1975) (Número de huevos por kg de hembra = $5,261.8 - 2.758$ [peso de las hembras]), se observa una relación inversa de el número de huevos por kilogramo del peso de la hembra por el peso de la hembra. Entre mayor peso tiene la hembra, menor es el número de huevos por kilogramo de peso.



Resultado de la regresión:	
Constante:	1990.8674
Err estándar de est.Y	2950.2015
R. cuadrada:	0.5905209
Núm.de observaciones:	533
Grado de libertad:	531
Coefficiente(s) X	2.0368249
Err estándar de coef.	0.0736045

Fig.10



Resultado de la regresión:	
Constante	3645.8759
Err estándar de est.Y	1009.2481
R. cuadrada	0.1252969
Núm.de observaciones	533
Grado de libertad	531
Coefficiente(s) X	-0.97635
Err estándar de coef.	0.1119486

Fig.11

La Fig. 12 muestra la relación directa entre el número de huevos por desove y el volumen de huevos por desove. Entre mayor es el volumen de huevos por desove, mayor es el número de huevos por desove múltiple. El mayor volumen corresponde a hembras más jóvenes, por tanto menos pesadas. En los tres

años hubo un volumen de 221,390 ml con 4,599,939 huevos desovados.

La Fig. 13 muestra la frecuencia de huevos por su diámetro. El diámetro varió de 3.0 a 6.0 mm y la mayor frecuencia ocurrió entre 4.0, 4.5 y 5.5 mm, que corresponde a hembras de 1.5; 2 y 3 años de edad.

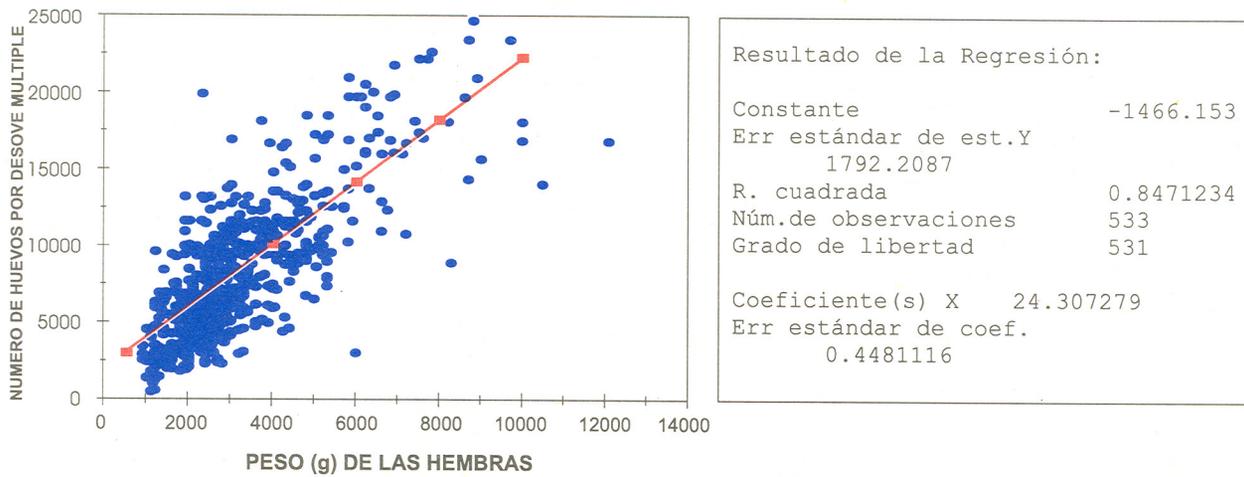


Fig.12

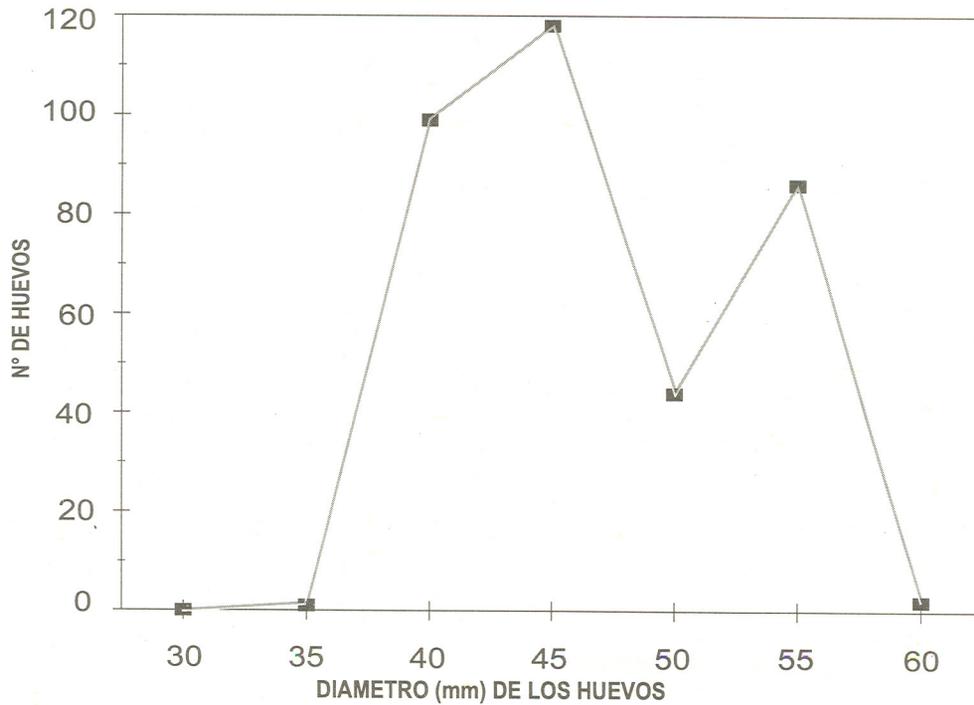


Fig.13

La Fig. 14 muestra la relación del peso de las hembras y el diámetro del huevo.

Se observan 3 grupos principales de diámetro del huevo 4.0, 4.5; y 5.0 que corresponden a 1.5; 2 y 3 años de edad, respectivamente. En términos generales, se puede decir que entre mayor es la hembra y de más edad, el diámetro de los huevos es mayor.

Similar a la Fig. 14, en esta Fig. 15 se muestra la relación del diámetro del huevo respecto al peso de las hembras. Entre mayor es la hembra, mayor el diámetro de los huevos. Hay 3 grupos principales de diámetro de huevo: 4.0; 4.5; 5.0 mm que corresponden a hembras más pesadas y de mayor edad: 1.5; 2; y 3 años, respectivamente.

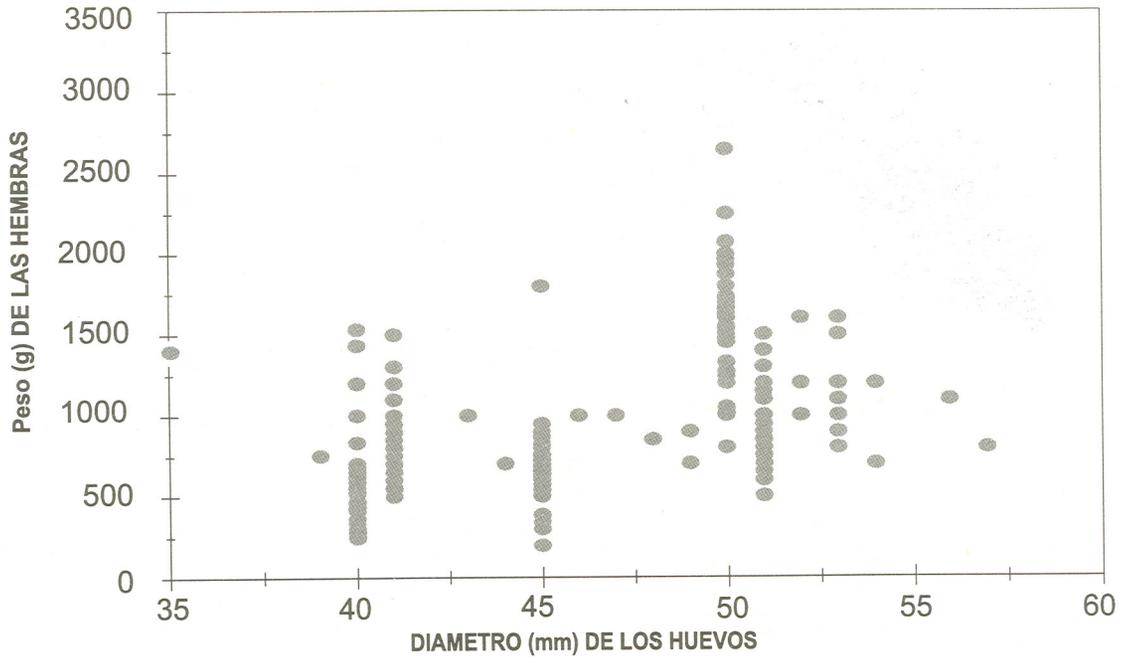
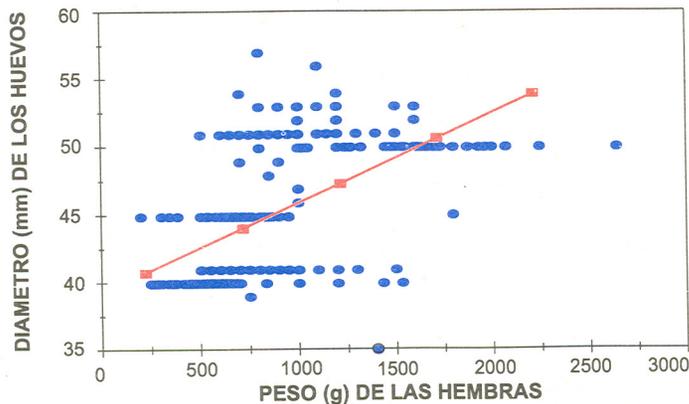


Fig.14



Resultado de la regresión:	
Constante	39.349643
Err estándar de est.Y	4.1282208
R. cuadrada	0.279929
Núm.de observaciones	350
Grado de libertad	348
Coficiente(s) X	0.0065962
Err estándar de coef.	0.0005671

Fig.15

Oculación. La Fig. 16 muestra los días en que ocurrió la frecuencia de oculación.

Esto sucedió entre 10 y 25 días, y la mayor frecuencia sucedió entre los días 13 y 19.

Eclosión. La Fig. 17 muestra la frecuencia de días en que ocurrió la eclosión.

Esto fue entre los 17 y 32 días, aunque ocurrió con mayor frecuencia entre los días 20

y 29. Tan solo un desove eclosionó a los 17 días y alrededor de 11 eclosionaron el día 18; el primero de una hembra de 900 g y los demás de hembras de 1,100 g. es decir hembras de 1.5 años. La temperatura de más de 12 °C hasta 14 °C es probablemente la causa de que maduren más rápidamente y que mueran también.

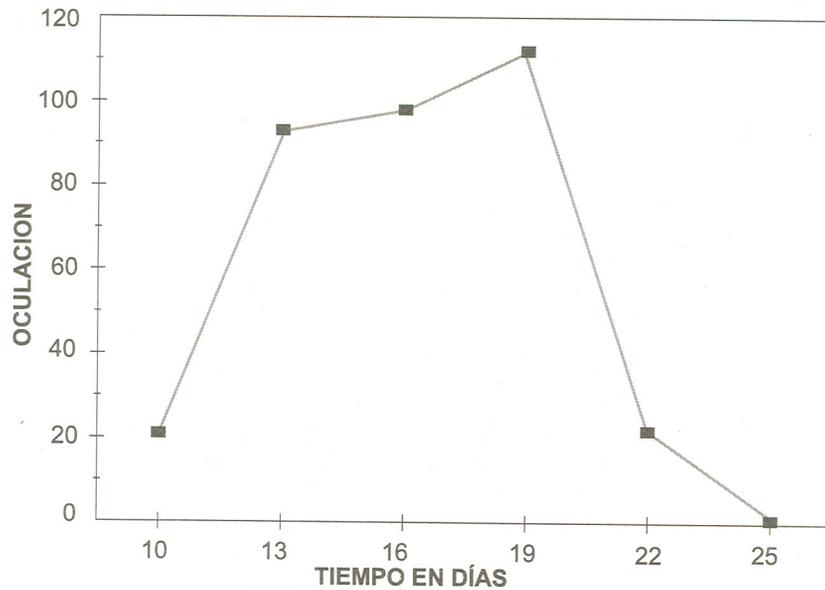


Fig.16

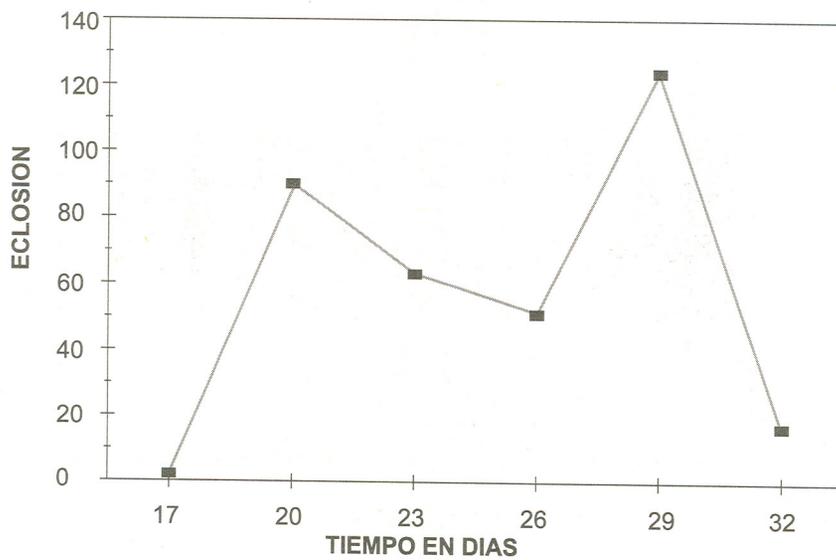


Fig.17

Sobrevivencia y mortalidad.- La Fig. 18 muestra que la mayor frecuencia de sobrevivencia y mortalidad ocurrió al 50%.

La Fig. 19 muestra la relación inversa de sobrevivencia y mortalidad.

Se observa una relación inversa, cuando aumenta la sobrevivencia disminuye la mortalidad y viceversa.

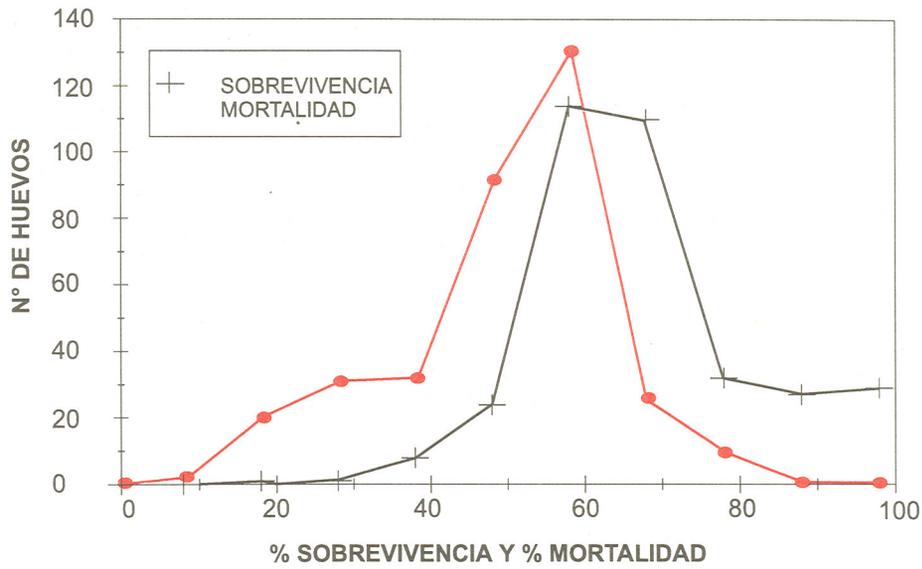


Fig.18

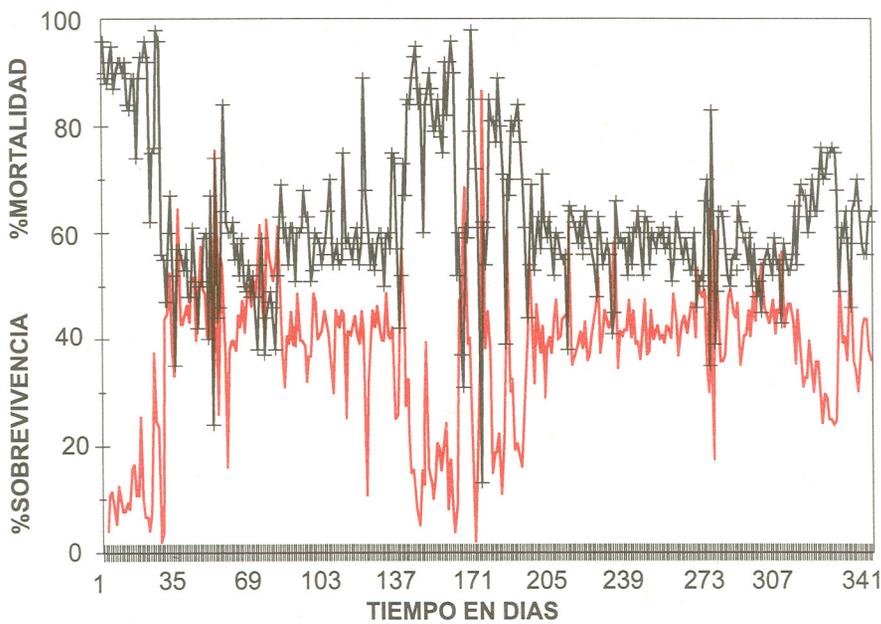


Fig.19

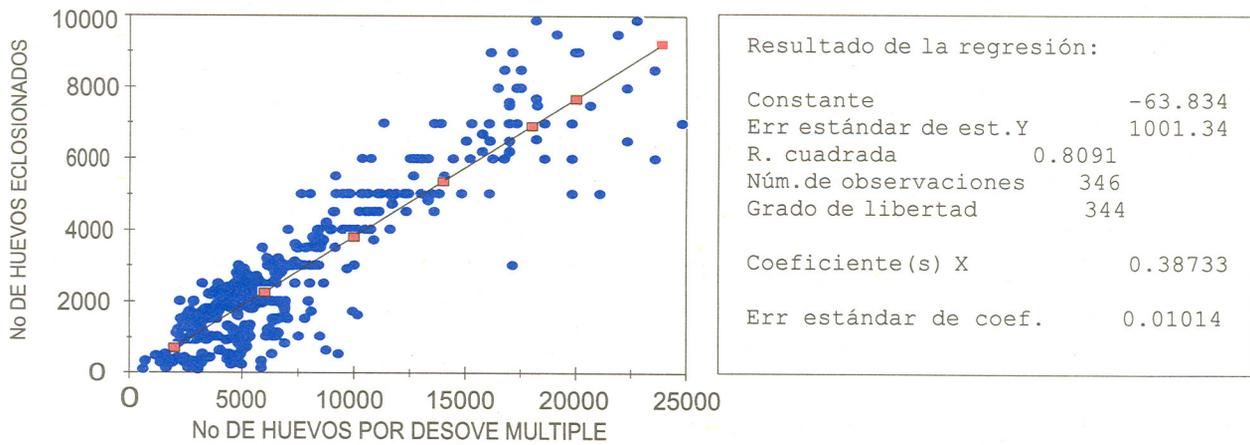


Fig.20

La Fig. 20 muestra la relación entre el número de huevos eclosionados y el número total de huevos desovados.

Esto significa que hay una sobrevivencia del 38%, es decir que de aproximadamente 10,000 huevos desovados, 4,000 sobreviven. En los dos primeros años, de un total de 2'858,979 huevos desovados, eclosionaron 1'089,526.

Fig. 21 y 22. Se observa una relación inversa, cuando aumenta la temperatura hay una tendencia a disminuir la sobrevivencia de 10°C a 14°C. En Apulco, Puebla, la temperatura varía de 10 a 16°C en invierno.

DISCUSION

Lewis (1976) recomienda la utilización de 1 macho por cada 3 hembras pero en

este trabajo se utilizaron 2,187 hembras por 1,814 machos, es decir 1.2:1 en grupos de 2 ó más individuos. El mismo autor recomienda que se utilicen hembras de 2 ó 3 años, y que se desechen las de 4 años o más. En este trabajo se utilizaron principalmente hembras de 1.5 a 3 años de edad y machos de 1.5 a 5 años. El periodo de movilidad del espermatozoide aumenta con la edad de los machos, alcanza su máximo valor en el cuarto año de reproductor, y después disminuye (Babushkin, 1992).

Durante la primera época de desove, machos que maduran temprano, maduran en aproximadamente 301 días, después de la fertilización. En la segunda época de desove, hembras y machos que maduran por primera vez y machos que maduran la segunda vez, maduran en un promedio de 697, 685 y 673 días, respectivamente (Crandell and Gall

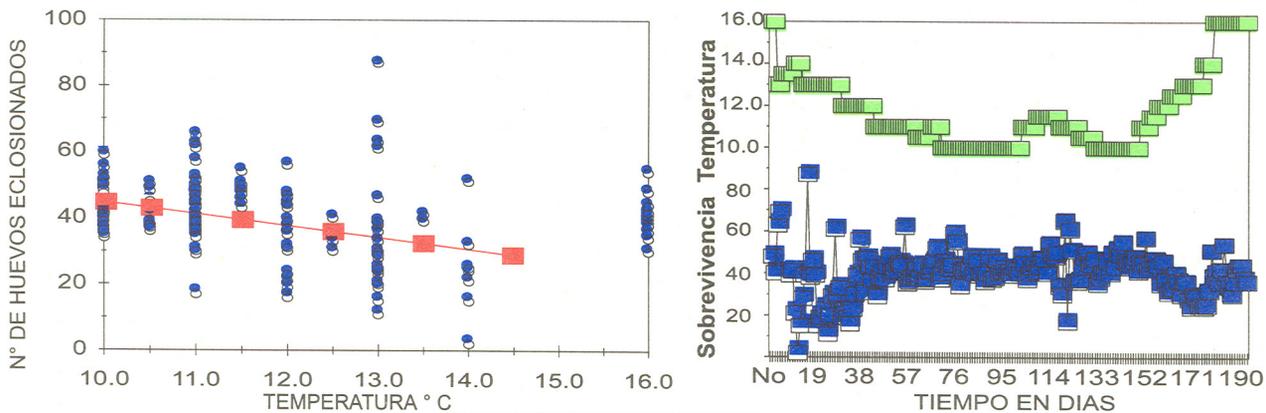


Fig. 21 y 22

1993). En este trabajo se utilizaron hembras de 1 año y machos de 1.5 años en adelante.

Lewis (*op cit*), también menciona que hembras de 2 años producen 427 huevos/onza (28.37 g) la mayor cantidad de huevos por ml corresponde a hembras de 700 g de peso y menor cantidad de huevos por ml corresponde a hembras de más peso, así mismo sucede con los resultados del presente trabajo. Esto también se relaciona con el diámetro del huevo, las hembras más grandes producen huevos de mayor tamaño. Estay y Díaz (1994) mencionan que en Chile, la correlación entre el peso del pez y el diámetro del huevo fue bajo, $r = 0.16$. En este trabajo también fue bajo, de 0.53 (Fig. 15).

Se han obtenido mortalidades del 40 al 50% en trabajos realizados en la piscifactoría "El Zarco" (Portilla 1975), comparado con este trabajo, que fue del 62%. Por otro lado, se ha calculado la mortalidad del huevo en un 30% (García 1979 y León 1975). Sin embargo todos ellos han realizado su trabajo de incubación a temperaturas de 10 ± 1 °C y en este trabajo se realizó a temperaturas entre 10 y 16 °C. Estay, F. y Díaz (*op cit*) mencionan también que la sobrevivencia hasta el estado de huevo oculado es mayor, y parece estar estrechamente relacionado con los meses cuya temperatura de incubación fue igual o menor de 8°C. Embriones de la trucha café (*Salmo trutta*) y de la trucha arcoiris (*O. mykiss*) tuvieron una tasa de sobrevivencia más alta que la *O. clarki*, cuando se incubaron a 2 °C. (Stonecypher *et al* 1994).

Se ha encontrado que el incremento en temperatura provoca mortalidades en el huevo (Pascuale 1970). Parte de la mortalidad también se debió a situaciones ajenas al proceso normal.

CONCLUSIONES

Se observa una relación inversa del peso de la hembra respecto al número de huevos por kg de hembra.

Se observa una relación directa entre el aumento del peso de las hembras y un mayor número de huevos.

Entre más pesada y de mayor edad es la hembra, el diámetro del huevo es mayor.

La mayor frecuencia de oculación ocurrió entre 13 y 19 días.

La mayor frecuencia de eclosión ocurrió entre 20 y 29 días.

La sobrevivencia de los huevos fue del 38% y la mortalidad fue del 62%.

Cuando aumenta la temperatura de 10 °C a 14 °C disminuye la sobrevivencia de los huevos.

BIBLIOGRAFÍA

- Babushkin,-Yu.P. 1992. Influence of male age on sperm quality in the rainbow trout. *Can. Transl.-Fish.-Aquac.-Sci.* (5574) 6 p. (Transl. Ru to En: A Fish. Stud. Inland Bodies of Water No. 10).
- García, E., 1979. Descripción física y económica de la granja de trucha de Malinalco, México. *Simp. Intern. Educ. y Organ. Pesquera*. V.III: 1-7 p.
- Crandell, P.A. and Gall, G.A.E. 1993. The genetics of age and weight at sexual maturity based on individually tagged rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 117 (1-2): 95-105.
- Estay,-F.; Díaz,-N.F. 1994. Analysis of reproductive performance of rainbow trout in a hatchery in Chile. *Prog.-Fish-Cult.* 56 (4): 244-249.
- Juárez P. J. R. 1984. La acuicultura en México, antecedentes y estado actual a 1982. en: F. Criado, M.P. (ed.) *Informes Nacionales sobre el desarrollo de la acuicultura en América Latina*. FAO Inf. Pesca 294 Supl. 1: 6691.
- León, F.J.T., 1975. *Manual de truchicultura*. Dir. Des. Pesq. Nac. Ministerio de Caracas, 112 p.
- Musch, B. 1982. Tasmanian Trout Farm Expands to eggs market; Stablishes Tourist Attractions. *Aquaculture Magazine*. Sep Oct 8 (6): 4041.
- Pascuale, T., 1970. *Cultivo de la trucha*. Acribia, Zaragoza, España, 90 p.
- Portilla, J.A., 1975. *Sinopsis sobre trucha arcoiris (Salmo gairdneri)*, El Zarco, FIDEFA, 16 p.
- Richer, W. E. 1975. *Linear Regressions in Fishery Research*. J. Fish. Res. Bd. Can. 30, 409-454.
- Stonecypher, R.W., Jr., Hubert, W.A., and Gern, W.A. 1994. Effect of reduced incubation temperatures on survival of trout embryos. *Prog.-Fish-Cult.* 1 (56) 3: 180-18.