

هجرة الأسماك : fish migration

تعد الهجرة migration في العديد من الكائنات الحية ظاهرة شائعة جداً تحدث بشكل دوري في البيئة المائية والبرية. الهجرة migration هي الحركة المنظمة للحيوانات من مكان إلى مكان آخر بحثاً عن الطعام food وموائل التكاثر breeding habitat ومناخ climate أفضل. عادة ما تعيش الأسماك في موطن ثابت وتفيد حركتها في حدود إقليمية محددة ، ولكن هناك عدد قليل من أنواع الأسماك التي تهاجر من المياه العذبة fresh water إلى مياه البحر sea water والعكس صحيح. غالباً ما تكون هجرة الأسماك البالغة أساساً من أجل التبريد والتغذية. تهاجر الأسماك إلى موطن جديد على بعد آلاف الكيلومترات من موطنها الأصلي. ولكن في الأسماك بالإضافة إلى الهجرة الموسمية هناك أيضاً هجرة يومية. لنجاح هجرة الأسماك هناك ثلاثة أشياء مثل التحفيز motivation والقدرة على التوجيه وتخزين الطاقة orientation ability and energy storage والقدرة الحركية locomotory ability وهي أمور ضرورية للغاية .

يعرّف ثومسون Thompson (1952) الهجرة الحقيقية على أنها حركة موسمية تعني العودة إلى نقطة البداية. عرف هاردن جونز Harden Jones (1968) الهجرة بأنها فئة من الحركة تدفع المهاجرين إلى العودة إلى المنطقة التي هاجروا منها. هذا التعريف يتصور العودة إلى المكان الأصلي. قدم بيكر Baker (1978) تعريفاً أكثر عمومية وعرّف الهجرة بأنها "فعل الانتقال من وحدة مكانية إلى أخرى"5.

لا توجد قيود على رحلة العودة. في الأونة الأخيرة ، عرّف Dingle (1980) مصطلح الهجرة على أنه "سلوك متخصص تطور بشكل خاص لتسهيل الفرد في الفضاء". يتضمن هذا التعريف تغييرات تطورية تؤدي إلى أنماط هجرة محددة. رأى Dingle أنه لا يمكن تضمين الحركات العرضية أو غير المقصودة في تعريف الهجرة.

لماذا تهاجر الأسماك؟: locomotory ability

من أجل البقاء على قيد الحياة تهاجر الأسماك إلى موطن جديد مناسب للتغذية والتكاثر حيث يتم فصل مناطق التغذية والتفريخ من حيث المكان والزمان. بعض الأسماك تنسحب بأمر للهروب من الحيوانات المفترسة في حين أن البعض الآخر يستمر في جميع الاتجاهات لضمان توسعها واستمرارها .

متى تبدأ الأسماك بالهجرة؟: When fish start migration

وفقاً للنموذج المكون من ثلاث خطوات تبدأ الأسماك في الهجرة عندما (1) تحقق السمكة عتبة معينة من حجم الجسم أو العمر اعتماداً على معدل النمو وتاريخ الفقس. (2) في الخطوة الثانية تحقق الأسماك بعض الخصائص الفسيولوجية مثل تراكم الطاقة energy accumulation وتنظيم التناضح osmoregulation والتفريخ smoltification . كل هذه الوظائف الفسيولوجية تنظمها الهرمونات وأهمها هرمون الغدة الدرقية thyroxin. (3) الخطوة الثالثة هي استقبال المحفزات الخارجية exogenous والداخلية endogenous التي تبدأ سلوك الهجرة .

ما هو محفز الهجرة؟: What is a migratory trigger

الزناد **trigger** بحكم التعريف هو أي شيء يبدأ رد فعل أو عملية عن طريق القياس على الجزء المعدني من البندقية التي تحركها الإصبع لإطلاق النار. في حالة هجرة الأسماك فإن المحفزات triggers هي عوامل بيئية. هناك العديد من العوامل البيئية التي تقدم إشارات مفاجئة للأسماك لبدء الهجرة.

أنواع محفزات الهجرة: Types of migratory triggers

هناك نوعان من المحفزات الرئيسية للهجرة ، (1) المحفزات الخارجية extrinsic triggers (2) المحفزات الجوهرية intrinsic triggers كل منها يحتوي على فئات فرعية . تشارك كل من المحفزات الخارجية والداخلية بنشاط في الهجرة.

محفزات خارجية : Extrinsic triggers

في علم الأحياء المهاجر يعد تأثير العوامل البيئية على الهجرة موضوعًا مهمًا للغاية. لكن هذه الدراسة صعبة للغاية لأن العوامل البيئية المختلفة مرتبطة ببعضها البعض لذلك من الصعب جدًا استنتاج من هو العامل الذي يؤدي بالفعل إلى الهجرة. على سبيل المثال هناك علاقة بين فترة الضوء photoperiod ودرجة الحرارة temperature في المناخ المعتدل. بعض المحفزات الخارجية هي كما يلي ؛

مستوى المياه والتيار والتصريف: Water level, current and discharge

مستوى الماء هو أحد مسببات الهجرة ويرتبط بسرعة التيار current speed وتصريف المياه water discharge. هذا هو سبب الهجرة في بعض الأسماك بسبب وصول موسم الرياح الموسمية. وبالمثل خلال موسم الأمطار يحدث تغير في مستوى المياه وسرعة التيار المرتبط بكل من الهجرة الجانبية lateral والطولية longitudinal migration. حوالي 26 نوعًا من أنواع الأسماك تتحضر للهجرة عن طريق تغيير مستوى المياه longitudinal migration والتصريف discharge وتيارات المياه water current. بعض هذه الأسماك هي (Bangana behri; Paralaubuca typus; Pangasius conchophilus;) (Hemisilurus mekongensis; Hemibagrus filamentus (Bagridae); Cyprinus carpio carpio etc) إلخ . تحدث الهجرة في بعض الأسماك من أجل التبريض أثناء الفيضانات الموسمية seasonal floods عندما يرتفع منسوب المياه. ثم تنتقل الأسماك من هذه المناطق التي غمرتها الفيضانات إلى مسطحات مائية مستقرة مع تراجع منسوب المياه. إذا تأخرت الفيضانات في هذه المناطق بسبب التغيرات المناخية فستأخر الهجرة أيضًا. خلال موسم التبريض في بارانا العليا Upper Paraná تم الإبلاغ عن فشل تكاثر الأسماك بسبب غياب الفيضان. على عكس الأسماك البالغة يهاجر اليافعون عند مستوى الماء المنخفض. في صغار أسماك القط cat fish juvenile فإن تيار الماء هو الذي يؤدي إلى الهجرة. لم يتم الإبلاغ عن أي هجرات في هذه الأحداث عندما كانت السرعة الحالية أقل من 0.08 مللي ثانية .

الهطول Precipitation

في المناطق المدارية في بداية موسم الأمطار يؤدي هطول الأمطار جنبًا إلى جنب مع ارتفاع منسوب المياه إلى الهجرة التناسلية والتكاثرية. تم الإبلاغ عن أن upstream migration بعد موسم الجفاف ناتجة عن أول سقوط للمطر. هناك حوالي عشرة أنواع

ترتبط هجرتها بسقوط المطر المبكر. البعض منهم (*Tenualosa thibaudeau* (Clupeidae); *Barbonymus* (gonionotus; *Pangasianodon gigas*; *Mekongina erythrospila*; *Micronema bleekeri* (Siluridae) etc. إلخ. يتأثر هذا النوع من الهجرة أيضًا بالقمر. تحفز الأمطار والفيضانات إلى الهجرة الإنجابية reproductive migration . يؤدي المطر إلى الهجرة في الأنواع التي تتكاثر في المياه الهادئة وتؤدي الفيضانات إلى هجرة الأنواع التي تتكاثر في المياه الجارية.

دورة القمر: Lunar cycle

ترتبط الهجرة في بعض الأسماك بالدورة القمرية في وقت معين من السنة. تستشعر هذه الأسماك الدورة القمرية من خلال واجهة المد والجزر tidal interface أو قوة الجاذبية gravitational force أو الإشارات البصرية visual cues وتعمل كمحفز مباشر أو غير مباشر للهجرة. وقد لوحظ أن اسماك الثعبانية البالغة adult eels تهجر إلى اتجاه مجرى النهر downstream بينما تهجر اسماك الثعبانية اليافعة juvenile eels إلى أعلى النهر upstream أثناء القمر الجديد . الهجرة استجابة للقمر تتأثر بالعواصف وانخفاض الضغط الجوي. الهجرة في بعض الأسماك مثل (*Cirrhinus microlepis*; *Paralaubuca typus*) and *Tenualosa thibaudeau* تحفز بواسطة البدر. وأخرى تبدأ الهجرة أثناء أو قبل فترة اكتمال القمر.

ظهور الحشرات: Apparition of insects

في مناطق معينة مثل نهر ميكونغ (Mekong River) في كمبوديا لاحظ الصيادون أنه عندما تكون الأسماك على وشك البدء في الهجرة هناك ظهور عدد كبير من حشرات مايو mayflies واليعسوب dragonflies. خلال هذه الأوقات تأتي هذه الأسماك إلى السطح وتتغذى على هذه الحشرات. وبالتالي هناك صلة بين هجرة الأسماك وظهور مجموعات الحشرات. بعض الأسماك التي تهجر عند ظهور الحشرات هي *Pangasius pleurotaenia*; *Pangasius conchophilus*; *Paralaubuca typus* etc (Cyprinidae) إلخ.

العكارة ولون الماء: Turbidity and water color

يؤدي التغيير في لون الماء والعكارة أيضًا إلى الهجرة. تهجر بعض الأسماك بسبب تغيير لون الماء والتعكر منها *Tenualosa thibaudeau* (Clupeidae)؛ بانجانا بهري بانجاسيانودون جيغاس نوع بارالايوكا *Pan Gasius polyuranodon*. إلخ.

فترة ضوئية: Photoperiod

تؤثر شدة الضوء وفترة الضوء أيضًا على هجرة الأسماك. تؤشير الأرصاد الجوية والفلكية على استجابات الهجرة. في مجتمع لمزامنة وبدء نشاط الترحيل تقدم الفترة الضوئية معلومات التقويم. لامبري المحيط الهادئ (*Lampetra tridentata*) وسمك السلمون في المحيط الهادئ Pacific salmon أثناء التزاوج ومزامنة نشاط الهجرة حيث تعتمد الهجرة كليًا على الفترة الضوئية. في الوقت نفسه هناك عوامل بيئية أخرى مثل درجة الحرارة متغيرة بدرجة كبيرة على نطاق موسمي وأقل موثوقية. يتزامن نشاط الهجرة مع التغيير اليومي (diel) بين طور الظلام والضوء. تنقسم هذه الأنشطة اليومية إلى ثلاث فئات – شفقي crepuscular ويلي nocturnal ونهاري diurnal . لم يتم التحقيق في هذا حتى الآن سواء كان هذا هو مستوى الضوء أو

إيقاع الساعة البيولوجية الداخلي الحقيقي الذي يؤثر على نشاط الهجرة. تم الإبلاغ عن أن بعض الأسماك تضبط أنشطتها اليومية نتيجة لتغيير مستوى الضوء. على سبيل المثال تصبح بعض الأسماك الليلية نشطة في يوم غائم أو عندما يكون هناك عكارة عالية.

درجة حرارة: Temperature

تلعب درجة الحرارة أيضاً دوراً في التزامن وتحفيز الهجرة في الأسماك . يمكن اعتبار الهجرة استجابة لدرجة الحرارة كشكل من أشكال التنظيم الحراري السلوكي behavioral thermoregulation. تحدث الهجرة استجابة لدرجة الحرارة تحت حالتين مختلفتين. عندما تصل درجة الحرارة لمجموعة معينة من الأسماك إلى حد يتجاوز عتبة التحمل tolerance threshold . يهرب هذا النوع من تجمعات الأسماك من الحرارة الشديدة ليسكن موانئ جديدة مناسبة حرارياً. أفضل مثال على ذلك هو جلك البحر sea lampreys . ثانياً عندما تتغير المتطلبات الحرارية لأعداد الأسماك. على سبيل المثال المتطلبات الحرارية للنمو والتكاثر ليست هي نفسها. في بحيرات Laurentian العظمى لا تبدأ الهجرة لاسماك P. marinus حتى تتجاوز درجة حرارة المياه إلى ~ 10 C0

تركيز الأكسجين: Oxygen concentration:

هناك بعض الأسماك التي تهاجر عندما يصبح تركيز الأكسجين في الماء منخفضاً جداً. على سبيل المثال several centrarchids, three-spined stickleback الخ.

كثافة الأسماك: Fish density

يمكن للأسماك أن تبدأ الهجرة فقط عندما تكون كثافة أعداد الأسماك عالية. تجمع هذه الأسماك وتبدأ الهجرة.

البحث عن الطعام : Searching for food

يعد توفر الغذاء أحد أهم العوامل المسؤولة عن الهجرة الكبيرة للعديد من أنواع الأسماك التي تخرج بحثاً عن مناطق التغذية.

العوامل الذاتية: Intrinsic factors

. أنها تشمل ما يلي ؛

غريزة: Instinct

الهجرة سلوك فطري وغريزي وهي تركيبة وراثية تنمي هذه الغريزة في الأنواع المعنية.

العوامل الفسيولوجية: Physiological factors

إن نضج الغدد التناسلية وإفراز الهرمونات والساعة البيولوجية وما إلى ذلك هي العوامل البيولوجية التي تؤثر على هجرة الأسماك. عدد من الهرمونات التي تفرزها الغدة النخامية pituitary gland مثل البرولاكتين prolactin والكورتيكوتروفين corticotrophin وهرمون النمو growth hormone وأخرى تكون مسؤولة عن تنظيم التناضح osmo والأيونات ion في

الأسماك أثناء الهجرة. ترتبط الهجرة The diadromous migration بتغيرات ملحوظة في الغدد الصماء. بعض الهرمونات المرتبطة بالهجرة على النحو التالي:

الغدة النخامية (HPG) : Hypothalmo pituitary gonadal (HPG) axis

نضوج الغدد التناسلية Gonadal maturation الذي تتحكم فيه هرمونات مختلفة يتسبب في هجرة الأسماك لمسافات طويلة من البحر إلى الأنهار أو العكس. يوجد في السلمون نوعان من إفراز هرمون الغدد التناسلية هما

chum salmon حيث (GnRH), chicken GnRH-II (cGnRH-II) and sGnRH كانت إشارات النشاط المناعي immunoreactivity والتهجين hybridization للخلايا العصبية sGnRH في العصب الشمي olfactory nerve (ON) والبصلة الشمية olfactory bulb (OB) قوية في البحر ولكن كل هذه الإشارات اختفت أو تضاءلت في أماكن التفريخ. وبالمثل في أماكن التفريخ spawning ground كانت إشارات النشاط المناعي والتهجين للخلايا العصبية sGnRH في الدماغ البيني telencephalon (TC) ومنطقة preoptic area (POA) أقوى مقارنة بالمنطقة البحرية. sGnRH من POA له دور في تخليق وإفراز الجونادوتروبين gonadotropins والهرمون اللوتيني (LH) luteinizing hormone والهرمون المنبه للجريب follicle stimulating hormone (FSH) من الغدة النخامية الأمامية follicle stimulating hormone. في كلا الجنسين تكون gonadotropins مسؤولة عن تكوين السنترويد steroidogenesis في الغدد التناسلية gonads وفي النهاية تحفز المنشطات steroids تكوين الأمشاج gametes ونضجها. الهرمونات النشطة في عملية تكوين البويضات vitellogenesis هي التستوستيرون testosterone والإسترايولول-17 (E2) estradiol-17 β (E2). وفي تكوين الحيوانات المنوية spermatogenesis هي 11KT (11-ketotestosterone) والتستوستيرون testosterone ولكن في كلا الجنسين يكون (DHP) (17 α , 20 β -dihydroxy-4-pregnen-3-one) نشط في gameto-maturation. في إناث أسماك السلمون أثناء الهجرة يرتفع تركيز serum estradiol-17 β (E2) بشكل مفاجئ ولكنه ينخفض بسرعة عندما تكون هناك هجرة منبع upstream. في هذه الأسماك يزيد تركيز serum 17 α , 20 β (DHP) (dihydroxy-4-pregnen-3-one) في مكان التفريخ بشكل حاد ولكنه يكون منخفض جداً في أماكن ما قبل التفريخ pre spawning ground. نفس الشيء في ذكور السلمون خلال فترة ما قبل التفريخ يزداد تركيز testosterone (T) and 11KT (11-ketotestosterone) بسرعة ولكن ينخفض بشكل ملحوظ في مناطق التفريخ باستثناء DHP. كذلك في السلمون اللاكستريين (lacustrine sockeye salmon) فإن الذكور تزيد من T و 11KT المعنية بتقصير الفاصل الزمني للتوجه للعودة ولكنها تزيد مستوى المصل من DHP (serum level of DHP) وتقليل T يكون مرتبط بتقليل نسبة الرغبة في العودة إلى الوطن.

الغدة النخامية (HPT) : Hypothalmo pituitary thyroidal (HPT) axis

اقترح هاسلر وشولز (Hasler and Scholz) أن الهرمونات في مراحل مختلفة من الحياة تكون مسؤولة عن فهم الشمي olfactory والتوجيه homing. تم تأكيد ذلك باستخدام الروائح الاصطناعية ووجد أن صغار السلمون يتعرف على رائحة المنطقة والتي يستقبلونها خلال مرحلة نمو حساسة للغاية تسمى parr-smolt transformation (PST). هذا النوع من التعلم

يدل على البصمة الوراثية العائلية. في وقت لاحق على ديتمان وجنسن ودونكان Dittman and Jensen and Duncan أثبت هذا بشكل تجريبي أن سمك السلمون البالغ عاد إلى موقع إطلاقها التي تم تربيتها في منطقة ما وأطلقت من منطقة أخرى أثناء أو قبل مرحلة النمو التي تسمى PST. شولز وهاسلر وشولز Scholz and Hasler and Scholz ذكر أن تعرض أسماك سلمون presmolt coho لأي رائحة عن طريق زيادة تركيز هرمون الغدة الدرقية بشكل مصطنع كان قادرًا على الحفاظ على ذكريات تلك الرائحة لفترة طويلة مقارنة بالأسماك غير المعرضة. خلص ديتمان وتيلسون ومورين ودوفينغ Dittman, Tilson and Morin and Doving إلى أن هناك علاقة بين زيادة مستوى هرمون الغدة الدرقية thyroxin وزيادة حساسية الأحاسيس الشمية olfactory sensations أثناء مرحلة PST. نيفيت وكودو وآخرون Nevitt and Kudo et al. وجد أن سمك السلمون المنحل (O. Masou) أثناء مرحلة PST تحتوي على كمية وفيرة من مستقبلات هرمون الغدة الدرقية thyroid hormone receptors. الثيروكسين thyroxin في الفقاريات الأخرى له أيضًا دور في تنظيم تكوين الخلايا العصبية neurogenesis والجهاز الشمي المحيطي peripheral olfactory system. يعتبر HPT-axis حساسًا للعديد من العوامل البيئية مثل الفترة الضوئية photoperiod والمرحلة القمرية lunar phase ومعدلات تدفق المياه water flow rates وتغيرات درجة الحرارة temperature changes وتدفق مياه جديدة exposure to novel water. كل هذه العوامل البيئية لها دور في زيادة تركيز مستوى هرمون الغدة الدرقية thyroxin. تحتوي أسماك السلمون على نسبة عالية من هرمون الثيروكسين أثناء الهجرة migration عند مقارنتها بالسلمون غير المهاجر non-migrating. ونفس الشيء إذ يمكن تحفيز الهجرة إلى المصب في سمك السلمون kokanee عن طريق حقن تركيز عالٍ من هرمون الغدة الدرقية في أسماك non-migrating. يتأثر نشاط HPT أيضًا أثناء الهجرة بسبب زيادة معدل السباحة للمهاجرين ويتعرضون لبيئة جديدة حيث تختلف درجة الحرارة ومعدل تدفق المياه والتركيب الكيميائي للمياه. كل هذه العوامل تساهم في زيادة إنتاج هرمون الغدة الدرقية. باختصار إن ارتفاع مستوى هرمون الغدة الدرقية thyroxin له دور في الهجرة.

الأنسولين مثل عامل النمو -1 (IGF-1) والبرولاكتين وهرمون النمو والسوماتولاكتين : -Insulin like growth factor-

1 (IGF-1), prolactin, growth hormone and somatolactin

في سمك السلمون chum salmon قبل بدء الهجرة كان مستوى IGF-1 مرتفعًا مما يشير إلى أن IGF-1 يحفز HPGaxis كإشارة جسدية. وبالمثل يلعب هرمون البرولاكتين prolactin وهرمون النمو growth hormone بالإضافة إلى هرمون التنظيم الأسموزي osmoregulation دورًا مهمًا في التنظيم الأسموزي osmoregulation. لذلك يزيد مستقبل هرمون النمو 1- growth hormone-receptor mRNA والبرولاكتين prolactin mRNA ومستوى السوماتولاكتين somatolactin level بالقرب من مناطق التفريخ.

طرق هجرة الأسماك : Methods of fish migration

يمكن للأسماك أن تقوم بالهجرة أو الهجرة بعدة طرق وهي على النحو التالي:

1. عن طريق الانجراف : By drifting

في هذه الطريقة يتم نقل الأسماك بشكل سلبي بواسطة تيار الماء .

2. السباحة العشوائية : Random swimming

يتم إطلاق الأسماك من نقطة في بيئة موحدة وتنتشر في جميع الاتجاهات وتسمى العملية بالانتشار dispersal وتؤدي إلى توزيع منتظم للأنواع.

3. حركة السباحة الموجهة : Oriental swimming movement

في هذه الطريقة تتحرك الأسماك في اتجاه معين والذي قد يكون (1) إما باتجاه أو بعيداً عن الموطن أو (2) بزوايا ما إلى خط وهمي يمتد بينها وبين مصدر التحفيز.

أنواع هجرة الأسماك على أساس الغذاء والتكاثر والمناخ وتيار الماء : Types of fish migration on the basis of food, spawning, climate and water current

وتشمل هذه ما يلي :

هجرة التغذية : Feeding migration

تسمى هجرة الأسماك بحثاً عن الطعام والماء هجرة التغذية. تحدث هذه الهجرة لأن إمدادات الغذاء في أي موطن ليست ثابتة ولكنها تتقلب من وقت لآخر. تنتقل الأسماك من أجل البقاء والتكاثر والبقاء على قيد الحياة إلى مناطق بها وفرة من الإمدادات الغذائية. مثل بعض الأسماك cyprinids, salmonids, Thymallus thymallus and percids

هجرة التفريخ : Spawning migration

الهجرة لغرض التفريخ هي الهجرة بالمعنى الحقيقي. تعد هجرة التبييض هذه أكثر وضوحاً مقارنة بالتغذية أو الهجرة المناخية بسبب تجمع آلاف الأسماك في موطن معين. وتشمل هذه السالمون والأوزميريد والقندس salmonids, osmerids, cyprinids, castostomids الخ .

هجرة المناخ أو البحث عن ملجأ : Climatic or refuge seeking migration

يحدث هذا النوع من الهجرة استجابة للظروف المناخية القاسية. علي سبيل المثال تهاجر أسماك القطب الشمالي وشبه القطبية الشمالية إلى مناطق ملجأ منفصلة ومناطق تغذية خلال دورة حياتها.

تشمل هذه الأسماك Thymallus arcticus و Salvelinus alpinus وبالمثل تهاجر Anguilla anguilla لتجنب الجليد والجليد السطحي والماء البارد.

الهجرة المتناقض : Contranant migration: تسمى حركة الأسماك المهاجرة ضد تيار الماء بالهجرة المضادة او المتناقض.

هجرة Detanant : حركة الأسماك المهاجرة اتجاه تيار الماء. تعتبر حركة اسماك السلمون البالغ من البحر إلى النهر مثلاً على هجرة Detanant migration

أنواع هجرة الأسماك على أساس الاتجاه: Types of fish migration on the basis of direction

توجد ثلاثة أنماط لهجرة الأسماك. هم على النحو التالي.

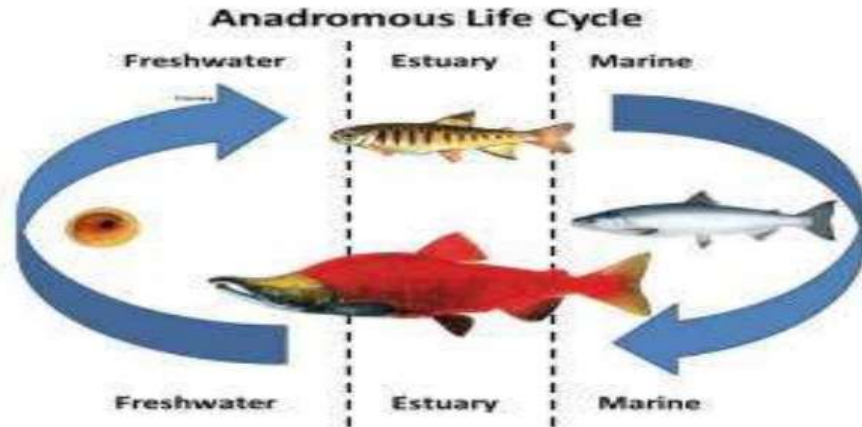
1. الهجرة ديادروموس : Diadromous migration
2. الهجرة بوتامودروموس : Potamodromous migration
3. الهجرة المحيطية : Oceanodromous migration

الهجرة ديادروموس : Diadromous migration

تُعرف هجرة الأسماك بين المياه العذبة ومياه البحر **Diadromous migration**. يتم تصنيف هذه الهجرة كذلك إلى الأنواع الثلاثة التالية.

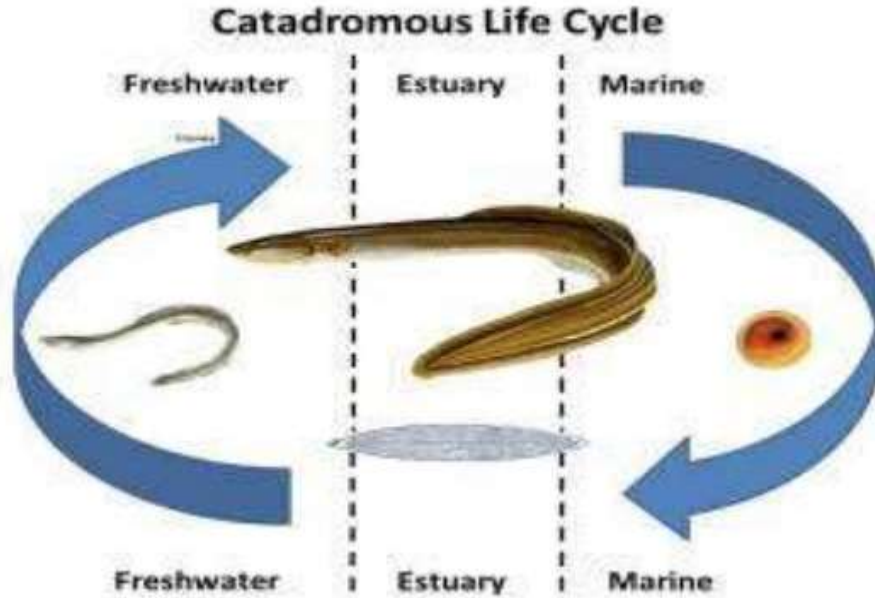
الهجرة : Anadromous migration

تسمى رحلة الأسماك البحرية من البحر إلى المياه العذبة من أجل التبييض **Anadromous migration**. ومن الأمثلة على هذه الأسماك السلمون والسلمون المرقط والشاد ولامبري (Salmon, Trout, shad and Lamprey) إلخ. يسافر السلمون آلاف الكيلومترات في البحر ثم عدة مئات من الكيلومترات في أنهار المياه العذبة للوصول إلى مناطق التكاثر **spawning grounds**. يهاجرون في أزواج. تظهر بقع سوداء على جسم أنثى السلمون وبقع حمراء على جسم ذكر السلمون أثناء الرحلة. تنتضج الأعضاء التناسلية **reproductive organs** وتنكمش القناة الهضمية **alimentary canal**. تضع الإناث البيض في أعشاش على شكل صحن. ثم يطلق الذكر الحيوانات المنوية **sperms** ويتم تخصيب البويضات **fertilized**. بعد وضع البيض تعود الأسماك بعدها إلى موطنها. تستغرق رحلة المنبع والمصب **upstream and downstream** حوالي عام واحد. يصل سمك السلمون إلى مرحلة النضج الجنسي **sexual maturity** في غضون سبع سنوات تقريباً. بعد بلوغهم النضج الجنسي الكامل يعودون إلى أنهار المياه العذبة لغرض التكاثر **breeding purpose**. خلال هذه الهجرة يصلون إلى العديد من المسارات والانعطافات وشلالات المياه وما إلى ذلك لكنهم يصلون إلى مكانهم الأصلي حيث ولدوا قبل سبع سنوات. بعد فقس سمك السلمون الصغير لا يعود إلى البحر إلا بعد أن تتطور خلايا إفراز الملح **salt secreting cells had developed**.



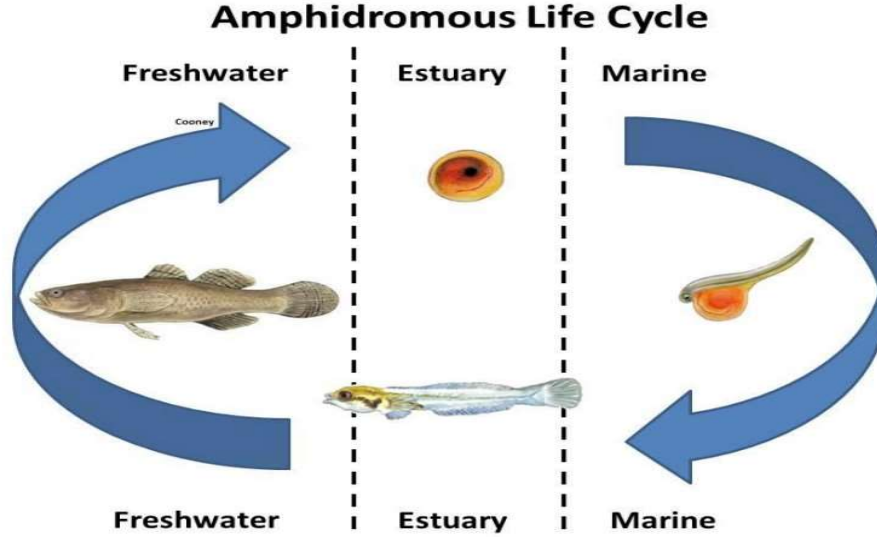
الهجرة : Catadromous migration

تسمى هجرة الأسماك من المياه العذبة إلى المحيط من أجل التبويض بالهجرة Catadromous migration. ثعبان الماء العذب Fresh water eel هو أفضل مثال على هذا النوع. هناك ستة عشر نوعاً من ثعبان الماء العذب. يمثل اللون الأصفر لثعبان السمك الأوروبي مرحلة التغذية والنمو. عندما يتغير اللون إلى الفضة فإنه يمثل مرحلة التكاثر. ذكور 8-10 سنوات و 10-18 سنة إناث ثعبان البحر يستعدون للهجرة. توقف التغذية وتقلص القناة الهضمية digestive tract shrinks وتصبح غير عاملة. تغطي الغدد التناسلية Gonads التجويف البطني coelomic cavity بأكمله وتصبح العيون كبيرة وتقل الشفتين وتصبح الزعانف الصدرية أكثر مدببة. يسافرون من 3 إلى 4 آلاف كيلومتر. يُعتقد أن ثعبان السمك يتكاثر على عمق حوالي 400-500 متر تحت السطح عند 16-17 درجة مئوية. يموت الوالدان بعد وضع البيض. يفقس البيض في يرقة تعرف باسم Leptocephalus هذه اليرقة مسطحة مثل الورقة شفافة وصغيرة لها عيون كبيرة مع إبرة مثل الأسنان. يستغرق الوصول إلى المنزل ثلاث سنوات. خلال هذه الفترة تحول شكلها Leptocephalus إلى يرقة Elver وبلغ طوله حوالي ثمانية مليمترات. بعض الأسماك catadromous fishes الأخرى هي Poramalosa richmondia و Myxus pelardi و Macquaria novemaculeata إلخ .



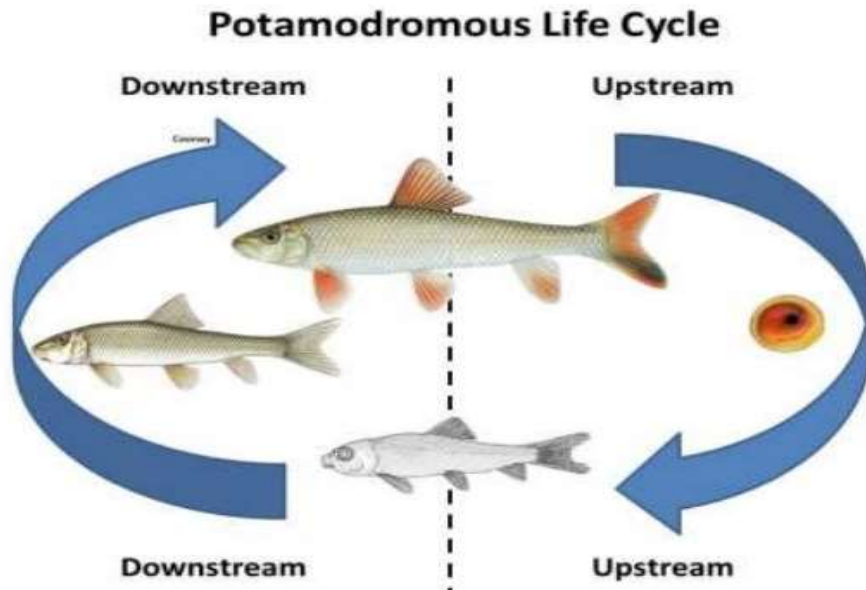
الهجرة : Amphidromous migration

تسمى هجرة الأسماك من البحر إلى الأنهار والعكس ولكن ليس لغرض التكاثر الهجرة Amphidromous migration. هذا بشكل أساسي من أجل الغذاء وتغيير البيئة. قد يحدث هذا السفر بانتظام في مرحلة معينة من دورة حياتهم. المثال الوحيد هو Gobies.



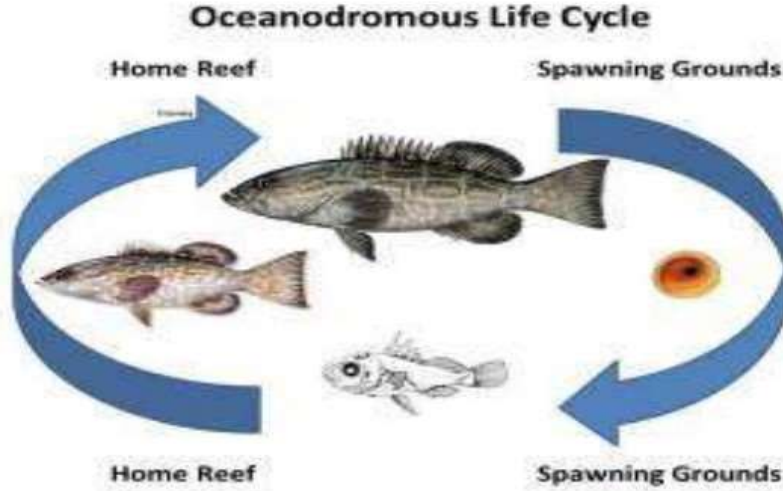
الهجرة بوتامودروموس : Potamodromous migration

تسمى هجرة الأسماك من مكان إلى آخر فقط في المياه العذبة بالهجرة Potamodromous migration. تُظهر أسماك Teleost وأسماك القبط والسلمون المرقط والكارب والجنم نمط الهجرة بالكامل داخل المياه العذبة بحثاً عن مناطق التفريخ المناسبة. توفر هذه الهجرة للشباب بيئة مناسبة وغذاءً وفيرًا وخالية من الحيوانات المفترسة predators.



الهجرة : Oceanodromous migrtation

تسمى الرحلة الطويلة من مكان إلى آخر في البحر الهجرة المحيطية Oceanodromous migrtation. يقوم سمك القد والماكريل والرنجة الأطلسية Cod, Mackerels and Atlantic herrings برحلة طويلة في البحر من مياه المحيط العميقة الساخنة إلى الشواطئ الضحلة الباردة بغرض التفريخ spawning. هذا خلال موسم التكاثر. بعد وضع البيض يعودون إلى موطنهم الأصلي.



الهجرة العمودية : Vertical migration

في جميع أنحاء المحيطات والبحار والبحيرات تم العثور على العديد من أنواع الأسماك واللافقاريات invertebrates التي تقوم بهجرات عمودية vertical migrations (مع تواتر 24 ساعة) عادة نحو السطح عند الغسق وبتجاه القاع عند الفجر. التفسير العام الأكثر منطقية لمثل هذا الحدث المنتظم هو أن العوالق النباتية phytoplankton يمكن العثور عليها في منطقة euphotic بالقرب من السطح. يجب أن تزور الحيوانات العاشبة Herbivores هذه الطبقات من أجل إطعامها وبما أنها تستطيع أن تتغذى في الظلام (على عكس معظم الحيوانات آكلة اللحوم carnivores) فإن أفضل وقت لزيارة الطبقات السطحية هو في الليل بينما تكون أكثر أماناً أثناء النهار في المياه العميقة. تتبع الحيوانات آكلة اللحوم carnivores هجرات الحيوانات العاشبة herbivores وتتغذى عليها عند الغسق والفجر dusk and dawn عندما تكون في تراكيز كثيفة وقبل أن تنخفض الإضاءة إلى ما دون العتبة البصرية visual threshold للحيوانات آكلة اللحوم. وبالتالي فإن الهجرة العمودية مدفوعة بالحاجة إلى إطعام وتجنب الحيوانات المفترسة. على وجه الخصوص من المستحسن بالنسبة للعديد من الأنواع الكبيرة تجنب المياه السطحية نهائياً حيث تكون عرضة للطيور المفترسة. يبدو أن الهجرة العمودية المساعدة عند الغسق ناتجة عن انخفاض شدة الضوء والهجرة إلى أسفل عند الفجر بزيادة الكثافة. في خطوط العرض المرتفعة في الصيف والشتاء القطبيين تكون الهجرة العمودية أقل وضوحاً نظراً لوجود دورة يومية مخفضة للضوء بشكل كبير. تتأثر الهجرة العمودية أيضاً بشكل بسطوع ضوء القمر (الذي يميل إلى تثبيط الحركة الصاعدة upward movement) وخسوف القمر lunar eclipses أو الشمس solar (الذي يسبب حركات تصاعدية upward movements خلال فترة العتمة).

الهجرة الأفقية : Horizontal migration

يتم تعديل الهجرات الرأسية اليومية عن طريق الهجرة الأفقية التي تكون على نطاق صغير من أجل التغذية وتجنب المفترس. قد تتحرك أسماك الشعاب المرجانية Reef fish بعيدًا عن الشعاب المرجانية بمعدل 24 ساعة وتتغذى نهارًا وتختبئ في الليل (بعض "يختبئ" عن طريق الانجراف في تجمعات شبيهة بالأسراب بعيدًا عن الشعاب المرجانية). تحدث هجرات أفقية موسمية أكبر بكثير تتعلق بالتكاثر والتغذية. غالبًا ما يتم تصويرها في شكل حركات ثلاثية متذبذبة oscillatory triangular movements. على سبيل المثال يهاجر سمك القد الأطلسي Atlantic cod الناضج إلى الساحل النرويجي لتفرخ في الربيع. بعد التفريخ يعودون إلى مناطق التغذية البحرية للتعافي. يتحرك اسماك الرنجة Herring في بحر الشمال جنوبًا في أوائل الصيف. بعد التفريخ تميل إلى الانجراف شرقًا في فصل الشتاء في شرق بحر الشمال. في الربيع يهاجرون بعيدًا عن الشاطئ إلى الغرب والشمال ويبدأون في التغذية والنضج لتكرار دورة التفريخ. اسماك Plaice في جنوب بحر الشمال لها مناطق تفريخ مميزة ولكن مناطق أوسع تتغذى فيها وتعافى بعد التفريخ.

سرعة الأسماك أثناء الهجرة : Speed of fish during migration

متوسط سرعة الأسماك أثناء الهجرة هو ثلاثة أضعاف طول الأسماك في الثانية (طول الجسم / 3 ثانية). السرعة القصوى لسمك السلمون أثناء الهجرة هي 49 كم في اليوم الواحد ولكن بالنسبة لاسماك grilse فهي 47 كم في اليوم الواحد. ايضاً تختلف السرعة بالنسبة لنفس السمكة بسبب الاختلاف في سرعة الماء water velocity.

المسافة المقطوعة أثناء الهجرة : Distance traveled during migration

تختلف المسافة التي تقطعها الأسماك أثناء الهجرة من نوع لآخر وتتراوح من بضع مئات من الكيلومترات إلى بضعة آلاف من الكيلومترات.

مدة الهجرة : Duration of migration

كما أنها تختلف من نوع لآخر وتتراوح من بضعة أشهر إلى سنوات.

التغيرات التالية تحدث في أجسادهم قبل الهجرة: Anthropogenic impacts on migration

1. يخزن كمية كبيرة من الدهون في أجسامهم والتي تعمل كطعام احتياطي خلال الرحلة الطويلة.
2. تغير اللون .
3. يتقلص الجهاز الهضمي ويتوقف عن التغذية.
4. تنتضخ العيون وتشد الرؤيا. كما تصبح الأعضاء الحسية الأخرى أكثر حساسية.
5. يصبح الجلد مساعد لجهاز التنفسي
6. تنتضخ الغدد التناسلية وتتضخم.
7. لديهم رغبة قوية في الهجرة في مجموعات ويصبحون مضطربين.

جينات الفيروسات المخاطية : Myxovirus genes

نظرًا لأن السلمون يعيش أسلوب حياة anadromous فإنه يواجه مجموعة كبيرة من الفيروسات من كل من المياه العذبة والأنظمة البيئية البحرية. تعتبر بروتينات المقاومة للفيروسات المخاطية Myxovirus resistance proteins (Mx) جزءًا من عائلة GTP-ase التي تساعد في المناعة الفيروسية وفي السياق ثبت أن تراوت قوس قزح (Oncorhynchus mykiss) يمتلك ثلاثة جينات Mx (Mx genes) مختلفة للمساعدة في الدفاع الفيروسي في كلتا البيئتين. يمكن أن يختلف عدد جينات Mx بين أنواع الأسماك حيث تتراوح الأرقام من 1 إلى 9 وبعض القيم المتطرفة كما في اسماك Gadiformes التي فقدت جيناتها Mx تمامًا. تم إجراء دراسة من قبل Wang et al. (2019) لتحديد المزيد من جينات Mx المحتملة التي قد توجد في اسماك تراوت قوس قزح rainbow trout. حيث تم تحديد ستة جينات Mx genes إضافية في تلك الدراسة تسمى الآن Mx4-9. وخلصوا أيضًا إلى أن جينات التراوت Mx genes "تم التعبير عنها (وجودها) في الأنسجة" وأن هذا التعبير expression قد ازداد أثناء التطور development. تم التعبير عن عائلة جينات Mx بمستويات عالية في الدم والأمعاء أثناء النمو مما يشير إلى أنها مفتاح الدفاع المناعي key to immune defense للأسماك النامية growing fish. تشير فكرة أن هذه الجينات تلعب دورًا مهمًا في التطور ضد الفيروسات إلى أنها عامل حاسم في نجاح سمك السلمون المرقط في أسلوب الحياة anadromous lifestyle.

التأثيرات البشرية على الهجرة : Anthropogenic impacts on migration

منذ عدة آلاف من السنين استغل البشر الأسماك أثناء هجرتهم. قام البشر ببناء السدود والحواجز الأخرى مثل المجاري والسدود التي لا تكسر النهر أو استمرارية التيار فحسب بل تؤثر سلبيًا أيضًا على حركات الهجرة. هذه الحواجز لا تزعج حركات الهجرة جسديًا فحسب بل تغير أيضًا المواد الكيميائية والخصائص الفيزيائية للمياه مما يؤثر بشكل غير مباشر على هجراتهم. توجد طرق لصيد الأسماك في بعض المناطق ولكنها خاصة بالأنواع ومكلفة للغاية من حيث الوقت والطاقة. يؤدي تلوث المياه والمواد السامة إلى تغيير المواد الكيميائية والخصائص الفيزيائية للمياه لذلك لا تستطيع الأسماك تحديد موطنها لأن روائح أرضها تحجبها الملوثات. كما تعمل الملوثات والمواد السامة على تدمير أجهزة الخط الجانبي والشمية وتؤثر سلبيًا على التمثيل الغذائي للأسماك وأداء السباحة. كل هذه الأنشطة البشرية إما تسبب نفوق الأسماك أو يؤدي إلى تأخير أو فشل الهجرة.

مزايا الهجرة : Advantages of migration

الهجرة لها مزايا متعددة مثل

- (1) الاستخدام الأفضل للموئل الجديد وموارده.
- (2) موطن واحد معين لا يحتوي على ما يكفي من الغذاء لدعم كل من البالغين والصغار لذلك بسبب الهجرة لديهم مناطق تغذية وتكاثر وحضانة منفصلة.
- (3) توفير الظروف المناخية المناسبة لتكاثر الصغار وبقائهم على قيد الحياة.

Disadvantages of migration : مساوئ الهجرة :

وتشمل

- (1) تكون الرحلة الطويلة مكلفة وتضيع العديد من الأسماك المهاجرة أثناء الهجرة.
- (2) تأكل المفترسات العديد من الأسماك المهاجرة.
- (3) بناء السدود يعيق من الهجرة وتنقرض أنواع الأسماك المعنية.