ثالثاً: النظرية التركيبية (الداروينية المُحَدَّثة) Synthetic Theory

وهي النظرية التي استندت على أساسيات علم الوراثة في تفسير مفهوم التطور، فقد قام عدة علماء خلال القرن العشرين بإعادة تقييم نظرية دارون وربطها بقوانين الوراثة من خلال دراسة وراثة المجتمعات الاحيائية. وأسسوا لنظرية شاملة تفسر التطور اعتمادا على العلاقة بين الانتخاب الطبيعي والوراثة بالإضافة الى البيئة والجيولوجيا والتشريح المقارن والتصنيف وسلوك الأحياء. وتستند النظرية التركيبية الحديثة الى أربعة عوامل رئيسة وهي الطفرات الوراثية وتدفق الجينات والانجراف الوراثي والانتخاب الطبيعي.

ميكانيكيات التطور Mechanisms of Evolution:

1- الطفرات Mutations

وهي التغيرات في الصفات الوراثية التي تظهر فجأة بين الأحياء نتيجة حدوث تغيرات في جينات الخلايا الحاملة للصفات الوراثية. وحينما تظهر طفرة ذات صفة بقائية فان نسبتها في الجماعة تزداد باستمرار في كل جيل في حين تنخفض الصفة الاصلية، وهذا سبب لحدوث تطور وتنوع للأحياء. وتعد أقل العوامل التطورية تأثيراً.

2- تدفق الجينات Gene flow

هو نقل الجينات جماعة الى أخرى. قد تكون الهجرة لداخل التجمع أو خارجه مسؤولة عن تغير ملحوظ في ترتيب الصفات (نسبة الحاملين لشكل معين من أحد المورثات). وقد تؤدي الهجرة أيضاً

لإدخال صفة جديدة مختلفة إلى الوعاء الجيني لنوع أو تجمع معين. وهناك عدد من العوامل التي تؤثر على معدل انسياب المورثات بين المجتمعات المختلفة، ومن أهم هذه العوامل هي الحركة، إذ أن حركة الأفراد الكبيرة تزيد من احتمال هجرة المورثات. غالباً ما تكون الحيوانات متحركة ومتنقلة أكثر من النباتات، ولكن حبوب اللقاح والبذور يمكن أن تنتقل لمسافات بعيدة عن طريق الحيوانات و الرياح.

3- الانجراف الوراثي Genetic drift

هو قوة تطورية تعمل على تغيير خصائص الأنواع خلال الزمن، وتحدث بشكل تغير عشوائي في ترتيب الجينات في مجموعة من افراد نفس النوع. وفي هذه الحالة، ان جزء معين فقط من مجموع الأليلات الموجودة في جيل الآباء تنتقل إلى جيل الأبناء. وقد يؤدي الانجراف الوراثي إلى اختفاء بعض الأليلات كلياً، وبذلك يقلل من التنوع الجيني. وقد يحدث الانجراف الوراثي حينما يهاجر عدد قليل من الافراد الى مواطن بعيدة ليصبحوا مؤسسين لتجمعات جديدة وبذلك تصبح صفاتهم هي السائدة في الموطن الجديد حتى وان كانت نادرة في موطنها الاصلي. أو من خلال الصدفة في حالة حدوث بعض العوامل الطبيعية كالزلازل والبراكين والحرائق فتؤدي الى اختلاف أليل معين وبقاء آخر.

4- الانتخاب الطبيعي Natural Selection

وهو تكيُّف الكائنات الحية في بيئة معينة بفضل امتلاكها بعض الخصائص التي تُمكّنها من العيش في تلك البيئة أكثر من غيرها، وتُعرف هذه الخصائص باسم الصفات التكيفية، وغالبًا ما تكون الكائنات التي تمتلك هذه الصفات أكثر عرضة للبقاء والتكاثر وهذا ما يطلق عليه البقاء للأصلح. وتتوارث الكائنات الحية الصفات التكيفية عند تكاثرها، ويُعزز الانتخاب الطبيعي من انتقال هذه الصفات، وهذا يؤدي إلى تطور وتنوع الكائنات الحية، وظهور أنواع ذات صفات جديدة. واعتمد تشارلز داروين في تشكيل مفهومه حول الانتخاب الطبيعي على عدّة ملاحظات، أبرزها:

أ. غالبًا ما تتوارث الكائنات الحية الصفات التي تمتلكها، أي تنتقل من الآباء إلى الأبناء، واستشهد داروين بهذه الملاحظة على الرغم من عدم معرفته بانتقال الصفات وتوارثها بواسطة الجينات.

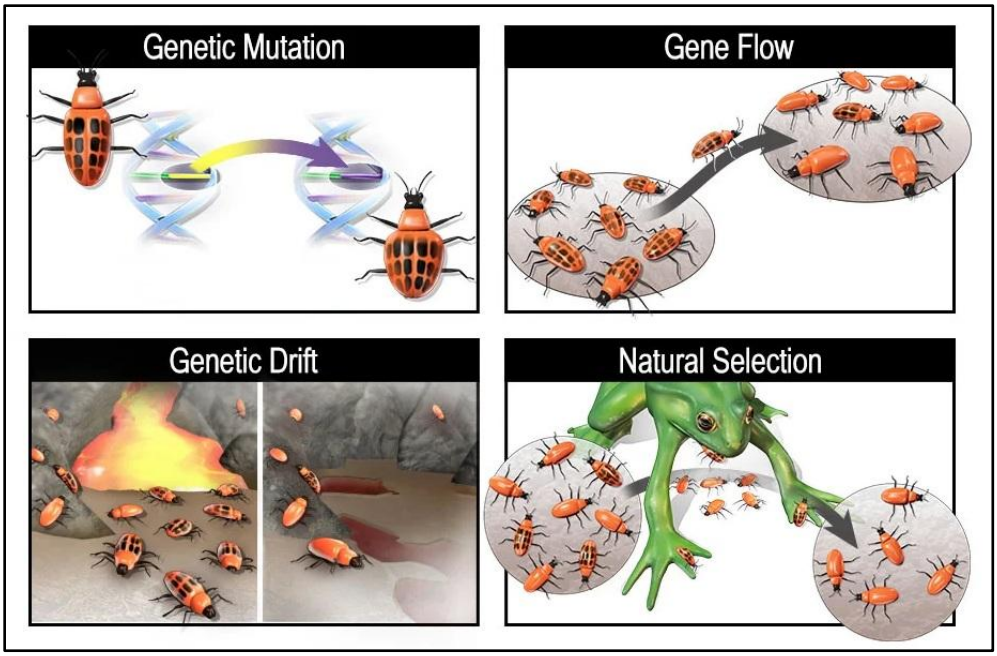
ب. عند تكاثر الكائنات الحية، غالبًا ما يكون النسل الناتج هو الأكثر تكيفًا في بيئته. ويتنافس أفراد كل جيل من أجل الحصول على الموارد، مما سيؤدي إلى محدودية تلك الموارد بسبب استنزافها.

ت. تختلف الصفات الوراثية في كل نسل، أي سيمتلك كل جيل صفات قد تختلف عن الأجيال الأخرى، كالشكل، والحجم، واللون، وسيكون بالإمكان توارث العديد من تلك الصفات.

أمثلة على مفهوم الانتخاب الطبيعي:

1- كانت حشرات العثة السوداء نادرة الوجود قبل الثورة الصناعية في بريطانيا، لأنها كانت مهددة بخطر الافتراس من قبل الطيور. وكنتيجة لوجود البنايات ذات الألوان الفاتحة والأشجار كان العث ذو الألوان الفاتحة أكثر فاعلية في الاختباء. وخلال العقود الأولى من الثورة الصناعية أصبحت المناطق الريفية مليئة بالملوثات الناتجة عن الفحم . وهذا أدى الى هلاك الكثير من العث فاتح اللون بسبب الانبعاثات السامة والملوثات. وكذلك بسبب تصبغ الأشجار بانبعاثات المصانع، أدى ذلك إلى زيادة افتراس الطيور للعث ذي الألوان الفاتحة، حيث لم تعد تستطيع التخفي في نظامها البيئي الملوث لأن أجسامها الآن لا تنسجم مع لون لحاء الأشجار. ولاحقًا، عندما تم تقليل التلوث استجابةً لتشريعات الهواء النظيف، ساد العث ذو اللون الفاتح مرة أخرى. وكانت هذه الظاهرة اختبارًا للانتخاب الطبيعي لتشارلز داروين، وتظل مثالًا كلاسيكيًا عن التطور.

2- في حالة وجود مجموعة من الفئران ذات اختلاف وراثي في لون الفراء، كالأسود والبني، وانتقلت هذه المجموعة إلى بيئة تعيش فيها الصقور، وتملؤها الصخور الداكنة. فإذا ما أرادت الصقور اصطياد الفئران، سيسهل عليها رؤية الفئران ذات اللون البني أكثر من السوداء وذلك عند تواجدها على الصخور السوداء. ونظرًا لتمكُّن الصقور من رؤية الفئران البنية واصطيادها بسرعة أكبر، فإنّ عددها سيقل على نحو أكبر مقارنة بالفئران السوداء التي لن يُصطاد سوى القليل منها. وعند مقارنة أعداد الفئران بعد هذه التجربة، سيتضّح أنّ عدد الفئران السوداء قد أصبح أكثر من البنية. ويُعد لون الفراء أحد الصفات الوراثيّة في الفئران، فعندما تتزايد أعداد الفئران السوداء، فإنّها ستتمكن من التكاثر، وإنجاب سلالة ذات لون فراء أسود، وبعد عدة أجيال، قد تكون جميع الفئران المولودة في تلك البيئة ذات لون أسود.



شكل1: ميكانيكيات حدوث التطور

أدلة حدوث التطور Evidence of Evolution

هناك عدة أدلة علمية جعلت الباحثين يعتقدون بصحة حدوث التطور الحيوي، ومنها ما يأتي:

1- أدلة الأحافير Fossils:

الأحافير أو المتحجرات هي بقايا محفوظة لكائنات حية سبق وان عاشت على سطح الأرض، توجد مطمورة في الصخور الرسوبية او في الجليد او في بعض المواد الحافظة كالصمغ، تعتبر الدليل الأقوى على حدوث التطور. قد تطمر بعض الأحياء في المواد الرسوبية قبل ان تتحلل كلياً وتعاني اجسامها من تغيرات تؤدي الى تحجرها، وتحفظ كسجل لهذه الأحياء يمكن مقارنته بما موجود من احياء تعيش حالياً على سطح الأرض. وهناك أمور يجب توافرها لكي تتحجر بقايا الكائنات الحية، وهي:

أ. تحتوي أجسامها على تراكيب صلبة مثل العظام او الكيوتكل، التي تحتوي على الكالسيوم وبعض العناصر المعدنية الأخرى.

ب. أن يطمر جسم الكائن الحي قبل تحلله.

ت. ان تتصلب الرواسب او المواد المطمورة فيها بقايا الكائنات الحية.

ان ما تم العثور عليه من أحافير قد ساهم بشكل كبير لتزويد الباحثين عن معلومات مفصلة ومهمة عن مجرى تطور الأحياء عبر الزمن، والعلاقة بين تطور الأحياء والعصور الجيولوجية التي مرت على كوكب الأرض. ويمكن تقدير عمر الأحفورة من خلال تقدير عمر الصخور التي توجد فيها، بواسطة تحلل المواد المشعة التي تحتويها، مثل استخدام نظير الكربون ^{14} ، من خلال حساب نصف عمر التحلل لهذه النظائر المشعة يتم تقدير عمر المتحجرات.

شكل 6: مجموعة من المتحجرات

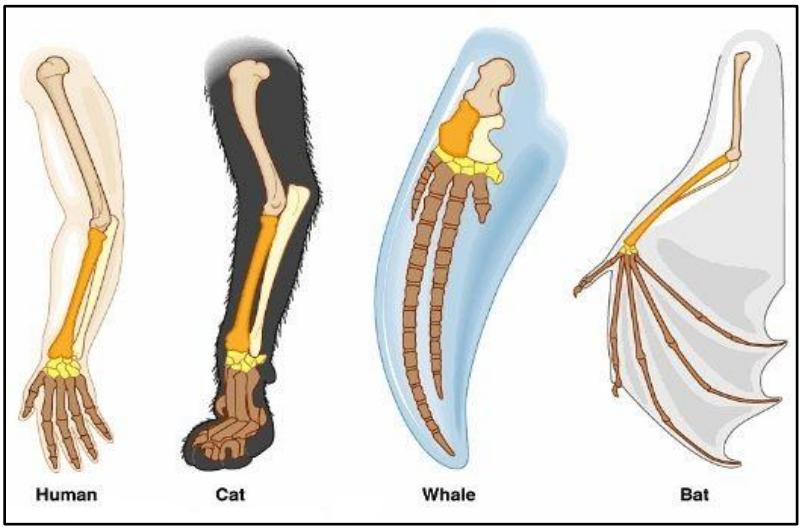
2- الأدلة من التشريح المقارن Comparative Anatomy

بينت الدراسات الحديثة في تشريح الفقاريات وجود اوجه للتشابه يستند تفسيرها الى فكرة التطور، وان الخطة العامة للبناء التشريحي لجسم الحيوانات الفقارية متشابهة بشكل كبير. ومن أهم أدلة التشريح المقارن المستخدمة في دراسة التطور ما يأتي:

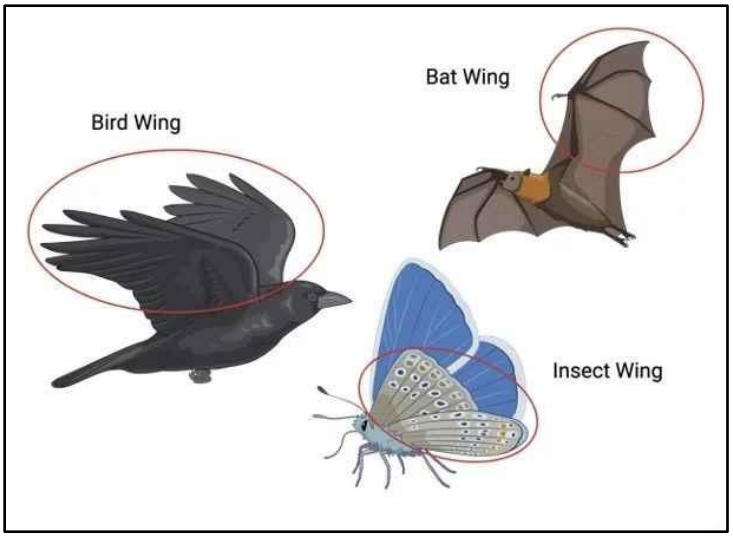
أ- التراكيب المتماثلة او التماثل Homology:

هي أي جزء من جسم الكائن الحي يشبه في تركيبه وتنظيمه ما موجود في الكائنات الحية الأخرى، ولكنه يمتلك وظيفة مختلفة. على سبيل المثال، ذراع الإنسان وساق القط الأمامية وجناح الخفاش وجناح الحمامة وزعنفة الحوت لهم نفس عدد وترتيب العظام. ومع ذلك، يتم استخدام هذه التراكيب لأداء وظائف مختلفة وحسب حاجة الكائن الحي للمسك او المشي او الطيران او السباحة. ولذلك، فإن هذا

التماثل يظهر وجود علاقة تطورية وثيقة بين هذه الفقاريات. وهو مهم في الدراسات التصنيفية والتطورية. وعلى العكس منه مصطلح المضاهاة Analogy والذي يشير الى التراكيب او الأجزاء غير المتماثلة تركيبيا لكنها متشابهة وظيفياً مثل جناح الفراشة وجناح الحمامة وجناح الخفاش.



شكل2: مثال على التماثل Homology

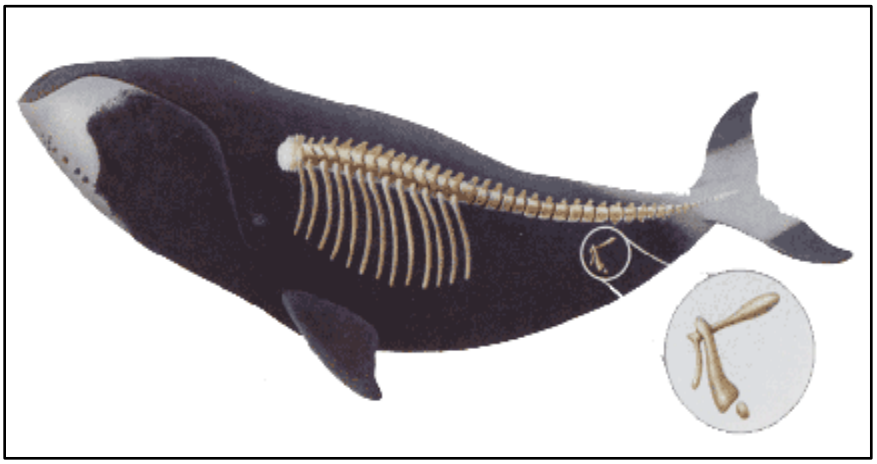


شكل 3: مثال على المضاهاة Analogy

ب- الأعضاء الأثرية أو المختزلة Vestigial Structures:

وهي تراكيب ضامرة ليس لها وظيفة واضحة، توجد في بعض الكائنات الحية، ويعتقد بأنها تشبه التراكيب التي كانت موجودة في الأسلاف التي انحدرت منها. وبذلك تعتبر من الأدلة على حصول

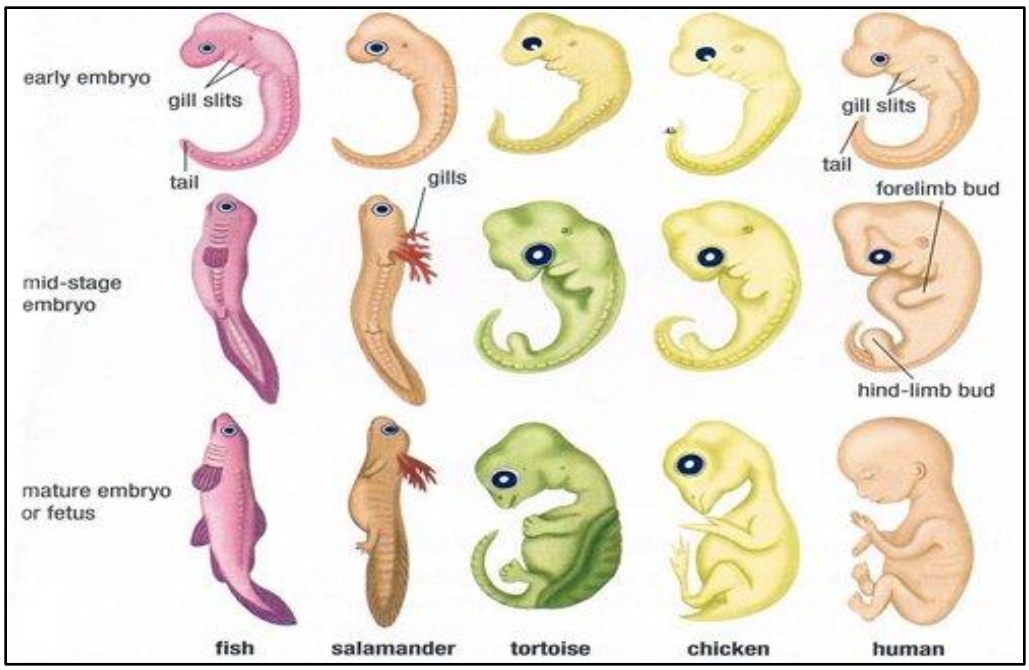
التطور وتدل على وجود سلف مشترك لهذه الكائنات الحية. ومن الأمثلة عليها: العضلات الموجودة في أذن الانسان عديمة الوظيفة بينما في اللبائن الأخرى مهمة لتحديد الأصوات، وكذلك عظام الحوض في الحوت، والزائدة الدودية في الانسان، والعيون الصغيرة في الأسماك العمياء.



شكل 7: مثال على الأعضاء الأثرية/ حزام الحوض في الحوت

3- الأدلة من علم الأجنة المقارن Comparative Embryology

هناك بعض الأدلة على حدوث التطور بين الحيوانات يمكن التوصل من خلال علم الأجنة المقارن بواسطة قوانين التكوين الجنيني، ومنها قانون النمو الجنيني لـ فون بيير، والذي ينص على ان المراحل الجنينية لفرد ما تميل الى مشابهة المراحل الجنينية لأسلافه. وعليه فأن المراحل الجنينية للحيوانات اللبونة تتشابه فيما بينها ولكنها تتمايز تدريجياً حتى تصل الأدوار البالغة والتي تكون فيها الأشكال مختلفة. فأجنة الأسماك والضفادع والسلاحف والدجاج والانسان، تكون متشابهة خلال المراحل الجنينية المبكرة لكنها لا تتشابه في الأدوار البالغة.



شكل 4: قانون النمو الجنيني

4- الأدلة من الجغرافيا الحيوية Biogeography

ان المناطق الجغرافية المختلفة تظهر أحيانا مجموعات من الكائنات الحية متشابهة بشكل كبير بالرغم من كونها بعيدة القرابة التصنيفية. يمكن تفسير هذه الحالات عن طريق التطور، فالانتخاب الطبيعي يحابي التكيفات التطورية المتوازية في البيئات المتشابهة. لذا تتشابه الاشكال المظهرية وان اختلفت سلوكياً، وهذا ما يسمى بالتطور المتقارب.

وعلى سبيل المثال: تتمتع أستراليا بوفرة من الأنواع النباتية والحيوانية المتوطنة (كاللبائن الكيسية ومنها الكنغر) والتي لا توجد في أي مكان آخر من العالم، بالرغم من الظروف البيئية المتشابهة في أماكن أخرى. وهذا يعكس العزلة الطويلة لتلك الجزيرة القارية، والتي تمنع المسطحات المائية هجرة الأنواع منها أو اليها. ومع مرور الزمن، تتباعد هذه الأنواع تطوريًا إلى أنواع جديدة تبدو مختلفة تمامًا عن أسلافها التي قد تكون موجودة في بقية القارات.

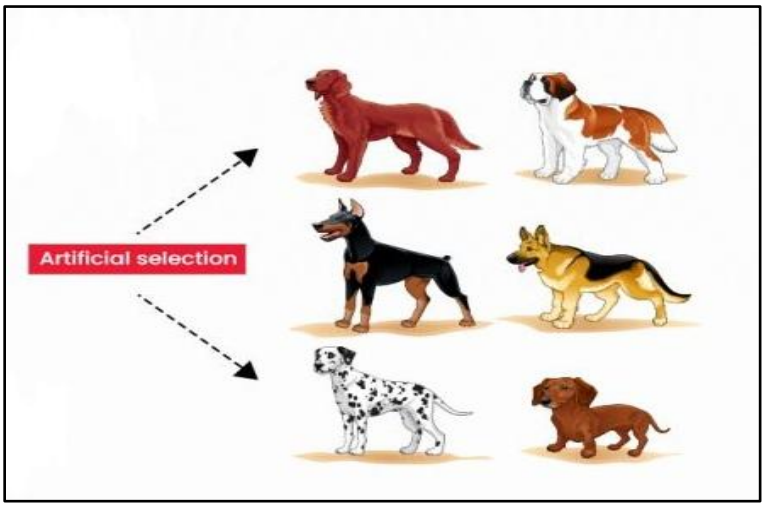
5- الأدلة من علم الأحياء الجزيئي Molecular Biology

يقوم علم الأحياء الجزيئي بدراسة الكائنات الحية على المستوى الجزيئي، ومنها العلاقات بين الحوامض النووية DNAو RNAوعملية تصنيع البروتينات. لذلك فهو يتداخل مع الكيمياء الحيوية

والوراثة. ومن خلال مقارنة الحامض النووي لكائنات حية مختلفة، يمكن توثيق التغير الجيني بمرور الوقت. إن حساب عدد الاختلافات في عدد النيوكليوتيدات بين الأنواع في جزء من الحامض النووي، يوفر معلومات حول المدة التي مضت منذ انحراف هذه الأنواع عن سلف مشترك. وبذلك يمكن معرفة التنوع الجيني بين الأنواع المختلفة وبين أفراد النوع الواحد من خلال البيولوجيا الجزيئية. إن الحامض النووي والشفرة الوراثية للبروتينات تظهر أن كل أشكال الحياة تنحدر من سلف مشترك، وهذه تعتبر أدلة على حدوث التطور.

6- الأدلة من الانتخاب الاصطناعي Artificial Selection

الانتخاب الاصطناعي هو قيام الانسان بانتقاء الحيوانات والنباتات بهدف إنتاج نمط ظاهري معين. ويتم ذلك باختيار ذكور وإناث الحيوانات أو النباتات التي ستتكاثر جنسيا معا وتنتج نسلا يحمل الصفات المطلوبة. إذا تكاثر نوعان من الحيوانات النقية فإنهما ينتجان نوعا خليطا، يطلق عليه الهجين. وقد أشار داروين في دراساته عن التطور عن الاصطفاء الاصطناعي وتربية الناس لبعض الحيوانات مثل الطيور الداجنة والقطط والماشية والكلاب. واستخدمه كبداية لتقديم وتدعيم نظرية الانتخاب الطبيعي. لقد أدى الانتخاب الاصطناعي لبعض الاحياء الى تغير كبير في صفاتها الأصلية للحيوانات، وظهور سلالات تختلف بشكل كبير عن النماذج الأصلية. وبالتالي فان هذا النجاح برهان قوي على ان الانتخاب عملية تطورية فعالة.



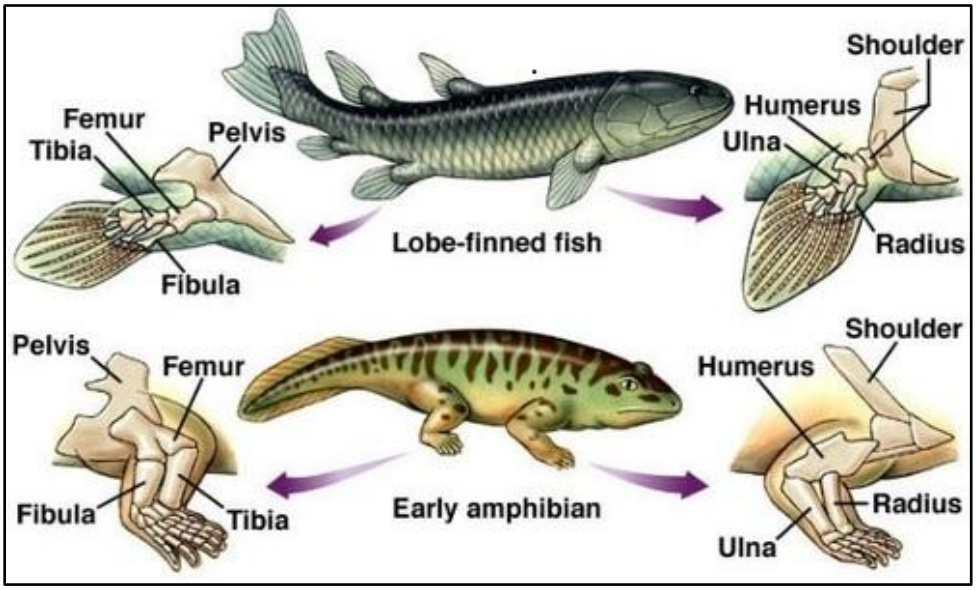
شكل 5: مثال على الانتخاب الاصطناعي

بعض المصطلحات المهمة في دراسة التطور

1- التكيف Adaptation

هو العملية التي تصبح فيها الكائنات الحية أكثر ملائمة للعيش في البيئة. وقد يحدث نتيجة اكتساب خصائص جديدة أو بفقدان خصائص معينة. وقد يشير المصطلح الى صفة مظهرية أو فسيولوجية أو سلوكية نتجت عن عملية التكيف لتحسين قدرة الكائن الحي على المحافظة على حياته وبقاء نوعه.

هناك نوعان من التكيف، وهما التكيف المُسبق والبَعدي. التكيف المسبق Preadaptation هو امتلاك الكائنات الحية لصفات معينة تكون غير مهمة قبل تغير الظروف البيئية، ثم اصبحت ميزة أساسية تكفل بقاء النوع في ظل الظروف الجديدة. مثل امتلاك اسلاف البرمائيات وهي الأسماك مفصصة الزعانف لزعانف قوية مدعومة بعناصر هيكلية ورئتين تصلحان للتنفس الهوائي، وحينما جفت المسطحات المائية التي عاشت فيها تلك الأسماك اصبحت زعانفها ورئاتها ذات فائدة للمعيشة على اليابسة. أما التكيف البَعدي Postadaptation فهو محاولة الكائنات الحية ان تكيف نفسها للبيئة التي تعيش فيها بأفضل صورة، وعلى سبيل المثال: كيفت بعض الحيوانات نفسها للتغذية على مصادر مختلفة كالفئران والسرطانات وبعض اللبائن، من أجل البقاء في حالة حدوث نقص في أحد المصادر. وهذا النوع من التكيف لا يساهم في التطور مثل النوع الأول وانما يعمل على ترسيخ الأنواع.



شكل 7: التكيف المسبق (الأسماك مفصصة الزعانف/ البرمائيات)

3- الانقراض Extinction

هو نهاية وجود نوع من الكائنات الحية، وتُعتبر لحظة موت آخر فرد من أفراد النّوع هي لحظة الانقراض. ويحصل الانقراض عندما تحدث تغيرات بيئية او حيوية أسرع من قدرة الكائن على التكيف معها فتقضي عليه. لكنه في بعض الحالات قد يفقد أفراد النوع القدرة على التكاثر وإنشاء جيلٍ جديد قبل لحظة الانقراض. وقد مرت الحياة بمراحل عديدة من الازدهار والانحدار لأنواع محددة من الكائنات الحية، وكل ازدهار يليه عادة انحدار حتى ينتهي بها الأمر إلى الانقراض، سواء كان ذلك بصورة فجائية أم تدريجية.

والانقراض نوعان، أما جماعي يحدث لمجموعة من الأنواع في نفس الفترة الزمنية، أو فردي يحصل لنوع واحد فقط. وقد اشارت الدراسات الجيولوجية الى حدوث خمس انقراضات جماعية كبرى للأحياء على سطح الأرض. وحدث آخر انقراض جماعي كبير في نهاية العصر الجيولوجي البرمي عندما انقرضت الديناصورات وعدد كبير من الأحياء الأخرى.

أسباب حدوث الانقراض:

1- العوامل الطبيعية كدرجات الحرارة ومعدل الاوكسجين والجفاف والزلازل والبراكين والحرائق والنيازك والفيضانات.
2- العوامل الحيوية كالأمراض والأوبئة.
3- عوامل بيئية كالتنافس على الموطن والغذاء وصراع الفريسة والمفترس.
4- حجم الجماعة السكانية وانتشارها الجغرافي.
5- النشاطات البشرية كالزراعة والصيد الجائر وقطع الأشجار والتعدين والتلوث.