

ظاهرة النينو وتأثيرها على الأنظمة المناخية

م.م دنيا حمزة لفته / جامعة النهرين

dunia.hamza@nahrainuniv.edu.iq

الملخص

تظهر أهمية هذه الدراسة في تحليل تأثير ظاهرة النينو من خلال سنوات مختارة (٢٠٢٠ و ٢٠٢٣) باستخدام خرائط شهري مايو وديسمبر من مصدر (NOAA) وتم التركيز على منطقة Niño 3.4 ، لارتباطها المباشر بالعديد من الأنماط المناخية العالمية، وظهرت النتائج ارتفاعاً كبيراً في SST في المنطقة الشرقية والوسطى من المحيط الهادئ، مما يعكس نشاط نينو ٢٠٢٣ وتأثيراته المتوقعة على الجفاف أو الأمطار في بعض المناطق.
الكلمات المفتاحية: (النينيو، النينا ، ظواهر مناخية، التذبذب الجنوبي).

The El Nino phenomenon and its impact on climate systems

Assistant teacher. Dunia Hamza Lafta

Al-Nahrain University, Baghdad, Iraq.

dunia.hamza@nahrainuniv.edu.iq

Abstract

The importance of this study appears in analyzing the impact of the El Niño phenomenon through selected years (2020 and 2023) using May and December maps from the NOAA source, and the focus was on the Niño 3.4 region. Because it is directly linked to many global climate patterns, the results showed a significant increase in SST in the eastern and central Pacific region, which reflects the activity of the 2023 El Niño and its expected effects on drought or rain in some regions.

Keywords: (El Niño, La Niña, climate phenomena, Southern Oscillation).

أولاً:- مشكلة البحث : هل تؤثر ظاهرة النينو على الأنظمة المناخية ؟

ثانياً:- هدف البحث : الهدف من دراسة ظاهرة النينو هو:

١- تحليل التغيرات في درجات حرارة سطح البحر SST خلال شهري مايو وديسمبر للسنوات ٢٠٢٠ (محايدة) و٢٠٢٣ (نينيو).

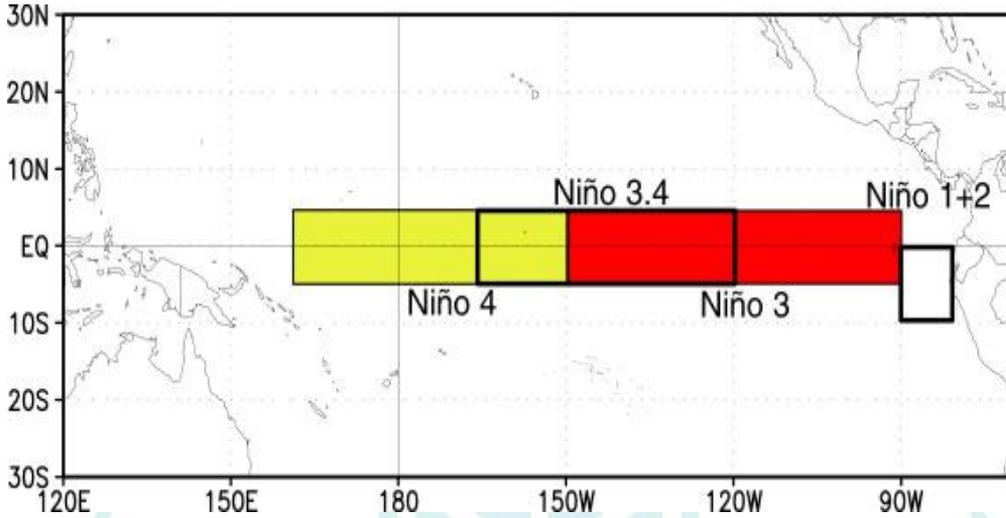
٢- رصد التغيرات الفصلية والسنوية ومقارنة التأثيرات على العراق مع مناطق أخرى عالمياً.
ثالثاً: - فرضية البحث:

تؤثر ظاهرة النينو على الأنظمة المناخية من خلال تقليل معدلات الأمطار في بعض السنوات وزيادة موجات الجفاف، في حين قد تسبب فيضانات في مناطق أخرى من العالم.
رابعاً: - حدود البحث:

المصدر الأساس للمعلومات حول تحديد موقع منطقة Niño 3.4 (5°S , 120°W - 170°W) هو NOAA وفيها نجد وصفاً دقيقاً لجميع مناطق النينو يلاحظ الخريطة رقم (١) ، وتستخدم بشكل رئيس لقياس درجات حرارة سطح البحر (SST) وتحديد حالات النينو أو النينيا بناءً على الانحرافات الحرارية في هذه المنطقة. وتعد منطقة النينو المعروفة باسم Niño 3.4 من أكثر المناطق أهمية في المحيط الهادئ الاستوائي عند دراسة ظاهرة النينو (ENSO) السلسلة الزمنية لشذوذات متوسط درجة حرارة سطح البحر (SST) (درجة مئوية) في النينو المناطق [نينيو-٤ (5° شمالاً - ٥ درجات جنوباً، ١٥٠ درجة غرباً-١٦٠ درجة شرقاً)، نينو-٣.٤ (5° درجات شمالاً - ٥ درجات جنوباً، ١٧٠ درجة غرباً - ١٢٠ درجة غرباً)، نينو-٣ (5° درجات شمالاً ٥ درجات جنوباً، ١٥٠ درجة غرباً - ٩٠ درجة غرباً)، نينو -١+٢ (0° درجة - ١٠ درجات جنوباً، ٩٠ درجة غرباً - ٨٠ درجة غرباً)]. (Climate Prediction Center/NCEP/NWS, 2025,p3).

خريطة (١) مناطق النينو الأربع

El Niño Regions



المصدر

https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/nino_regions.shtml

تشير بعض الدراسات الى تقديم استعراض لمعنى مصطلح "النينو" وكيف تغير مع مرور الوقت، لذلك لا يوجد مصطلح عالمي يتم استكشاف التعاريف التي تتطابق مع ظاهرة النينو التي تم تحديدها تاريخيا بعد عام ١٩٥٠، ويقترح أن ظاهرة النينو يمكن أن يقال أنه يحدث إذا كانت درجة حرارة سطح البحر (SST) لمدة ٥ أشهر في منطقة نينو ٣.٤ (٥ درجات شمالاً - ٥ درجات جنوباً، ١٢٠ درجة - ١٧٠ درجة غرباً) تتجاوز ٠.٤ درجة مئوية لمدة ٦ أشهر أو أكثر. وبهذا التعريف، تحدث ظاهرة النينو بنسبة ٣١% من الوقت وظاهرة النينا تحدث بنسبة ٢٣%. ومن مميزات هذا التعريف أنه يسمح بأن تكون بداية كل حدث ونهايته ومدته وحجمه كمياً. تبدأ معظم ظاهرة النينو في الربيع الشمالي أو ربما في الصيف وتصل ذروتها في البحر من نوفمبر إلى يناير (Trenberth, 1997,p2771).

رابعاً:- منهجية البحث:

تعتمد هذه الدراسة على الاسلوب الوصفي التحليلي المعتمد على تحليل خرائط مناخية حرارية وتم اعتماد بيانات NOAA الاصدار (٢٠٢٠٦٠٨ و ٢٠٢١٠١٠٦) -v5.0.0 و الاصدار v5.1.0 (20230608 و 2.240108) والمقارنة مع المدة المرجعية (١٩٨١-٢٠١٠) و (١٩٩١-

٢٠٢٠). وتفسير الأنماط الحرارية العالمية عبر مقارنة مناطق الانحراف الإيجابي والسلبي عن المعدل الطبيعي وتصنيف درجات الحرارة وفقاً لفئات NOAA الرسمية (مثل: أدفاً بكثير من المعدل، قريب من المعدل، إلخ).

الخرائط تعرض نوعين من البيانات وتشمل:

يساراً : خرائط الانحراف عن المعدل (Temperature Departure from Average)

يميناً: خرائط النسب المئوية (Temperature Percentiles)

الفروقات الرئيسية بين الخرائط هي المدة الزمنية: إما سنة كاملة، أو شهر محدد (مايو أو ديسمبر). فعند تحليل خريطة درجات حرارة سطح البحر، يشير اللون الأحمر الداكن إلى وجود مناطق شديدة الاحترار، مثل تلك المسجلة شرق ووسط المحيط الهادئ، مما يدل غالباً على ظاهرة النينو وزيادة التبخر واحتمالية حدوث أمطار غزيرة في مناطق مجاورة.

أما اللون الأزرق، فيمثل مناطق تبريد وانخفاض درجات الحرارة، وغالباً ما يرتبط بظاهرة اللانينا، مما يؤدي إلى أنماط مناخية مثل زيادة الجفاف أو تغيّر في توزيع الأمطار، بينما الأبيض يشير إلى مناطق مستقرة مناخياً لا تشهد شذوذاً كبيراً عن المعدل الطبيعي.

أهم المفاهيم والمصطلحات:

النينو: تعني بالإسبانية الطفل، مع إشارة محددة إلى الطفل المسيح (McPhaden, 2002, pp. 353-370).

تم استخدام ظاهرة النينو، لأول مرة في القرن التاسع عشر من قبل الصيادين في

البيرو والإكوادور للإشارة إلى المياه الدافئة غير المعتادة التي قلت من صيدها قبل عيد الميلاد

مباشرة. غالباً ما تبدأ أحداث النينو في منتصف العام مع ارتفاع درجة حرارة المياه السطحية على

نطاق واسع في وسط وشرق المحيط الهادئ الاستوائي وتغيرات في الدورة الجوية الاستوائية (أي

الرياح والضغط والأمطار). بشكل عام، تصل ظاهرة النينو إلى ذروتها خلال شهري نوفمبر

ويناير، ثم تتحسر خلال النصف الأول من العام التالي. ويحدث كل سنتين إلى سبع سنوات ويمكن

أن يستمر لمدة تصل إلى ١٨ شهراً. تؤثر أحداث النينو القوية والمعتدلة على ارتفاع درجات

الحرارة على متوسط درجات الحرارة السطحية العالمية (World Meteorological

Organization [WMO], 2014, p. 2)، مما أدى إلى تعطيل مصايد الأسماك المحلية، وأدى

إلى نفوق أعداد كبيرة من الطيور، وجلب أمطاراً غزيرة إلى المنطقة (McPhaden, ٢٠٠٢، pp.

٣٥٣-٣٧٠).

اللانينا **La Niña**: وهي عكس ظاهرة النينو ضمن دورة ENSO والتي تعني "الفتاة الصغيرة"

وتشير إلى التبريد واسع النطاق لدرجات حرارة سطح المحيط في نفس المنطقة في المنطقة

الاستوائية من المحيط الهادئ، إلى جانب انعكاس التغيرات المناخية التي تغطيها. الأحوال الجوية. في العديد من المواقع، وخاصة في المناطق الاستوائية، تنتج ظاهرة النينيا (أو نوبات البرد) تغيرات مناخية معاكسة لظاهرة النينو. (WMO, 2014, p. 2)

مؤشر التذبذب الجنوبي (SOI): يُقاس الاختلاف عن متوسط أنماط ضغط الهواء عبر المحيط الهادئ، استنادًا إلى الضغط الذي يتم قياسه بواسطة محطتين: واحدة في داروين بأستراليا (جنوب إندونيسيا) والأخرى في تاهيتي (شرق-إندونيسيا). وسط المحيط الهادئ الاستوائي. يشير مؤشر SOI السلبى إلى أن الضغط أعلى من المتوسط في داروين وأقل من المتوسط في تاهيتي. هناك أيضًا مؤشر SOI الاستوائي، والذي يقيس الفرق في الضغط بين المناطق الأكبر في إندونيسيا وشرق المحيط الهادئ الاستوائي. تحدث المرحلة السلبية من التذبذب الجنوبي خلال فترات ظاهرة النينو، وتشير إلى الوضع عندما يغطي الضغط الجوي المرتفع بشكل غير طبيعي إندونيسيا ويغطي الضغط الجوي المنخفض بشكل غير طبيعي وسط أو شرق المحيط الهادئ الاستوائي. وفي حالة ظاهرة النينو، تضعف الرياح التجارية السطحية المنخفضة المستوى، والتي تهب عادة من الشرق إلى الغرب على طول خط الاستواء الرياح الشرقية، أو تبدأ في بعض الحالات بالهبوب في الاتجاه المعاكس. تحدث المرحلة الإيجابية من التذبذب الجنوبي خلال فترات ظاهرة النينيا، عندما يغطي الضغط الجوي المنخفض بشكل غير طبيعي إندونيسيا ويغطي الضغط الجوي المرتفع بشكل غير طبيعي وسط و/أو شرق المحيط الهادئ الاستوائي (WMO, 2014, p. 3).

ظاهرة النينو/التذبذب الجنوبي (ENSO): هي ظاهرة تحدث بشكل طبيعي وتنطوي على التقلبات في درجات حرارة المحيطات في وسط وشرق المحيط الهادئ الاستوائي أثناء ظاهرة النينو والنينيا تكون مصحوبة بتقلبات واسعة النطاق في ضغط الهواء. إنها حركة متأرجحة للكثلة الهوائية بين الشرق والغرب بين المحيط الهادئ والمناطق الهندية الأسترالية.

وظاهرتا النينو والنينيا هما المكونان المحيطيان بينما التذبذب الجنوبي هو نظير الغلاف الجوي، مما أدى إلى ظهور مصطلح النينو/التذبذب الجنوبي. تتكون ظاهرة النينو/التذبذب الجنوبي من ثلاث مراحل: ظاهرة النينو، والنينيا، والمرحلة المحايدة. خلال المراحل المحايدة لتقلبات النينو، يتم التحكم في أنماط الغلاف الجوي بشكل أكبر من خلال محركات مناخية أخرى (WMO,)

2, p. 2014). لاحظته وولكر ان الذبذبة الجنوبية هي ظاهرة واحدة واطلق عليها جملة انسو (ENSO) اذ اخذ حرفين من هذه التسمية (EN) من EL-Nino والحرفين الاخرين (SO) من (Southern Oscillation) ويستخدم ENSO حالياً بدلاً من النينو (المعموري، ٢٠١٤، ص. ١١٣).

متوسط شذوذ سطح البحر: (أي الانحراف عن المعدل الطبيعي) في درجة حرارة سطح البحر (McPhaden, 2002, pp. 353-370).

المقدمة

يمكن أن يكون لكل من ظاهرة النينو والنينيا تأثيرات كبيرة على أنماط الطقس العالمية ويمكن أن تؤثر على كل شيء بدءاً من الإنتاج الزراعي وحتى حدوث الأعاصير وغيرها من الأحداث المناخية القاسية. ويواصل العلماء دراسة هذه الظواهر من أجل فهم أسبابها وآثارها بشكل أفضل، وتحسين قدرتنا على التنبؤ بها. كما أن لظاهرتي النينو والنينيا تأثيرات كبيرة على النظم البيئية والموارد الطبيعية. يمكن أن تؤثر هذه الأحداث المناخية أيضاً على أنماط هطول الأمطار، مما يؤدي إلى حالات الجفاف أو الفيضانات في مناطق مختلفة، مما قد يكون له آثار على الزراعة وتوافر المياه والتنوع البيولوجي.

تعد الأبحاث في ظاهرة النينو والنينيا أمراً بالغ الأهمية لفهمنا للنظام المناخي للأرض وقدرتنا على التنبؤ بأنماط الطقس المتغيرة والتكيف معها (Aravind, 2023, p. 318 & Anandraj). تتطور ظاهرة النينو، والتي عادة ما تكون في شهر يناير (Philander, 1985. p 2658).

ظاهرة النينو هي تفاعل معقد بين المحيط والغلاف الجوي يتميز بضعف الرياح التجارية وهجرة المياه الدافئة نحو شرق المحيط الهادئ. وظاهرة "النينيا" هي المرحلة المعاكسة لظاهرة "النينو"، وتتميز بدرجات حرارة سطح البحر أكثر برودة من المعتاد في وسط وشرق المحيط الهادئ الاستوائي (Aravind, 2023, p. 318 & Anandraj).

تحليل خرائط درجات حرارة اليابسة والمحيطات لسنة ٢٠٢٠
تحليل خريطة مايو ٢٠٢٠ ينظر خريطة رقم (٢) (٢٠١٠-٢٠٢٠) NOAA Global v5.0.0
(Temp

-خريطة الانحراف الحراري

(Land & Ocean Temperature Departure from Average – May 2020)

تعرض هذه الخريطة الفروقات في درجات حرارة اليابسة والمحيطات عن المعدل العام لشهر مايو ٢٠٢٠ مقارنةً بالفترة المرجعية (١٩٨١-٢٠١٠). وتشير الألوان الحمراء إلى مناطق كانت درجات الحرارة فيها أعلى من المعدل، بينما تمثل المناطق الزرقاء مناطق كانت أبرد من المعتاد. وقد أظهرت الخريطة أن معظم مناطق العالم، لا سيما شمال أوراسيا والشرق الأوسط، كانت أكثر دفئاً من المعتاد، بينما سجلت بعض المناطق مثل جنوب المحيط الهادئ وجنوب أميركا الجنوبية درجات حرارة أقل من المتوسط.

وفيما يتعلق بالعراق، تُظهر الخريطة انحرافاً موجباً ملحوظاً، مما يدل على أن البلاد شهدت درجات حرارة أعلى من المعدل الطبيعي خلال شهر مايو ٢٠٢٠، وهو ما قد يرتبط بتأثيرات اقليمية مثل النينيو أو تغير الغلاف الجوي العلوي.

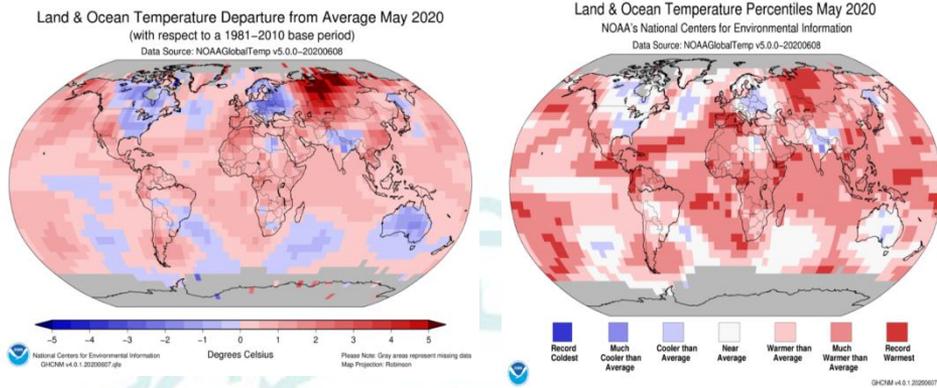
-خريطة النسب المئوية لدرجات الحرارة

(Land & Ocean Temperature Percentiles – May 2020)

يلاحظ في هذه الخريطة نسب المواقع التي سجلت درجات حرارة أعلى أو أقل من المعتاد مقارنةً بالسجلات المناخية التاريخية. وتُظهر المناطق ذات اللون الأحمر الداكن ضمن فئة الأكثر دفئاً على الإطلاق (Record Warmest)، في حين تُظهر المناطق الزرقاء الفاتحة أبرد من المعدل.

وبالنظر إلى الشرق الأوسط وشمال العراق تحديداً، فإن الخريطة تضعه ضمن الفئات أعلى من المعدل (Warmer Than Average) إلى أكثر دفئاً بكثير من المعدل (Much Warmer Than Average)، مما يعكس استمرار ظاهرة الاحترار الإقليمي خلال مايو ٢٠٢٠.

خريطة (٢)



المصدر: (NOAA, 2020).

تحليل الخرائط الخاصة من يناير إلى مايو ٢٠٢٠ يلاحظ خريطة رقم (٣)

(NOAA Global Tempv5.0.0 –٢٠٢٠٠٦٠٨)

-خريطة الانحراف الحراري

(Land & Ocean Temperature Departure from Average Jan– May 2020)

تعرض هذه الخريطة متوسط الانحراف في درجات حرارة اليابسة والمحيطات عن المعدل المناخي للفترة من يناير إلى مايو ٢٠٢٠، مقارنةً بالفترة المرجعية (١٩٨١-٢٠١٠). وكما هو الحال في خريطة مايو، يُمثل اللون الأحمر ارتفاع درجات الحرارة عن المعدل، يلاحظ بوضوح وجود مناطق شاسعة، خاصة في نصف الكرة الشمالي، شهدت ارتفاعات حرارية كبيرة تجاوزت ٥ درجات مئوية فوق المعدل الطبيعي، مثل شمال أوراسيا (سيبيريا) وأجزاء من القطب الشمالي. والشرق الأوسط. بالمقابل، توجد مناطق محدودة شهدت برودة طفيفة، مثل أجزاء من شمال المحيط الأطلسي وجنوب المحيط الهادئ، إلا أن تأثيرها العام بقي محدوداً جداً مقارنة بالمناطق الدافئة. هذه الأنماط الحرارية تُعد مؤشراً واضحاً لتسارع ظاهرة الاحتباس الحراري العالمي، وتكشف عن التغير السريع في النظام المناخي للأرض .

وبالنسبة للعراق، تُشير الخريطة إلى انحراف حراري موجب واضح، ما يعني أن البلاد شهدت طقساً أكثر دفئاً من المعتاد خلال الأشهر الخمسة الأولى من عام ٢٠٢٠، وهذا يشير إلى استمرار التأثيرات الإقليمية والدولية لتغير المناخ.

-خريطة النسب المئوية لدرجات الحرارة

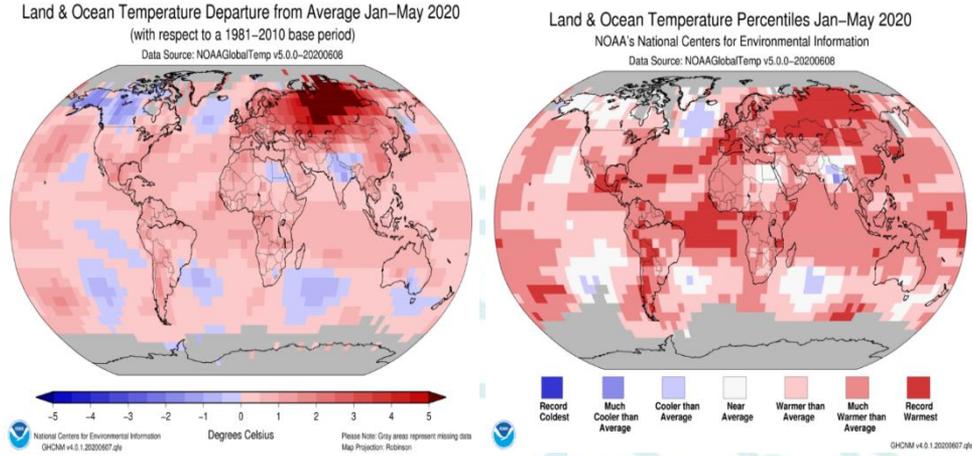
(Land & Ocean Temperature Percentiles Jan – May 2020)

توضح التوزيع النسبي لدرجات الحرارة حسب النسب المئوية، مما يساعد على تحديد شدة الارتفاع الحراري مقارنة بالسجلات المناخية التاريخية. نشاهد في هذه الخريطة اتساع مناطق الأدفأ على الإطلاق (Record Warmest) في شمال أوراسيا وأجزاء من أوروبا وشمال المحيط الهادئ. في المقابل، نجد القليل جداً من المناطق المصنفة بأنها أبرد من المعدل، ما يؤكد الاتجاه العام نحو الاحترار. التوزيع الواسع لمناطق الألوان الحمراء يبين بوضوح أن مساحات شاسعة من الكرة الأرضية عانت من درجات حرارة أعلى بكثير من المتوسط، ما يشكل دليلاً مقلقاً على شدة التغير المناخي خلال هذه المدة

ويلاحظ أن العراق والمنطقة المحيطة به تندرج في النطاق من أعلى من المعدل إلى أكثر دفئاً بكثير من المعدل، وهو ما يعكس استمرار ظاهرة الاحترار الإقليمي، ويؤكد أن المدة لم تكن حالة استثنائية عابرة بل اتجاه مناخي مستمر.

خلاصة التحليل لهذه الخرائط ان هناك نقاط مشتركة عامة حيث يظهر تركيز الاحترار في المناطق العليا من نصف الكرة الشمالي ساهم في ذوبان الجليد ، ما يؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر وتغير النظم البيئية. كذلك، تتسبب الحرارة الزائدة في اضطرابات مناخية واسعة، مثل زيادة شدة موجات الحر والجفاف، وتفاقم مخاطر الحرائق، وتغير النمط الزراعي، وتأثيرات كبيرة على الحياة البحرية والبرية. هذه التغيرات توضح أهمية التصدي العاجل للانبعاثات الغازية وإعادة التفكير في سياسات الطاقة والاستهلاك.

خريطة (٣)



المصدر: (NOAA, 2020)

تحليل خريطة ديسمبر ٢٠٢٠ يلاحظ من خريطة رقم (٤)

(NOAA GlobalTemp v5.0.0-20210106)

خريطة الانحراف الحراري

(Land & Ocean Temperature Departure from Average – Dec 2020)

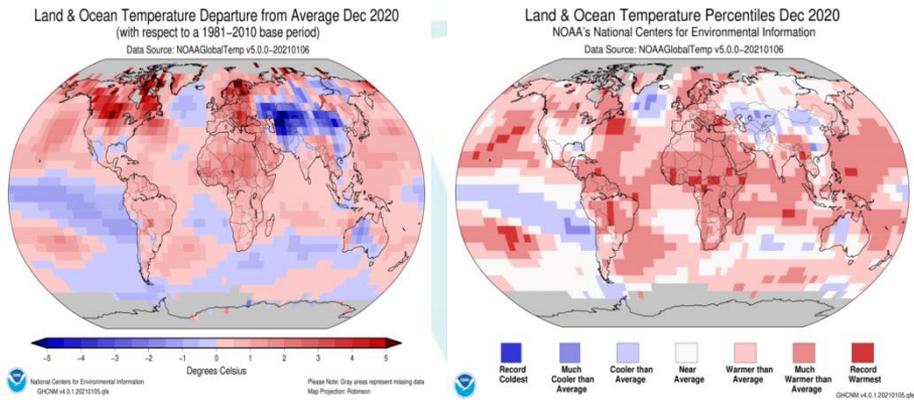
تُظهر خريطة انحراف درجات حرارة اليابسة وسطح البحر لشهر ديسمبر ٢٠٢٠ وجود حرارة شديدة في شمال أوروبا وشرق آسيا، مقابل تبريد ملحوظ (باللون الأزرق) في وسط اسيا وروسيا ، وهو ما يعكس تأثير ظاهرة النينيو بشكل واضح خلال هذه المدة. ويُلاحظ كذلك أن العديد من مناطق اليابسة، لاسيما في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، شهدت درجات حرارة أعلى من المعدلات الطبيعية.

خريطة النسب المئوية لدرجات الحرارة

(Land & Ocean Temperature Percentiles – Dec 2020)

أما خريطة النسب المئوية لنفس الشهر، فتوضح أن بعض المناطق سجلت درجات حرارة ضمن الفئات الأعلى تاريخياً، مما يدل على استمرار الاتجاه العام نحو الاحترار في معظم أنحاء العالم. هذه النتائج تؤكد العلاقة الوثيقة بين ظاهرة النينو وزيادة درجات الحرارة في مناطق عدة، خاصة في المناطق المدارية والمحيطية.

خريطة (٤)



المصدر: (NOAA, 2021)

تحليل خرائط السنة الكاملة من يناير إلى ديسمبر ٢٠٢٠ يلاحظ خريطة رقم (٥)

(NOAA GlobalTemp v5.0.0-20210106)

-خريطة الانحراف الحراري

(Land & Ocean Temperature Departure from Average Jan– Dec 2020)

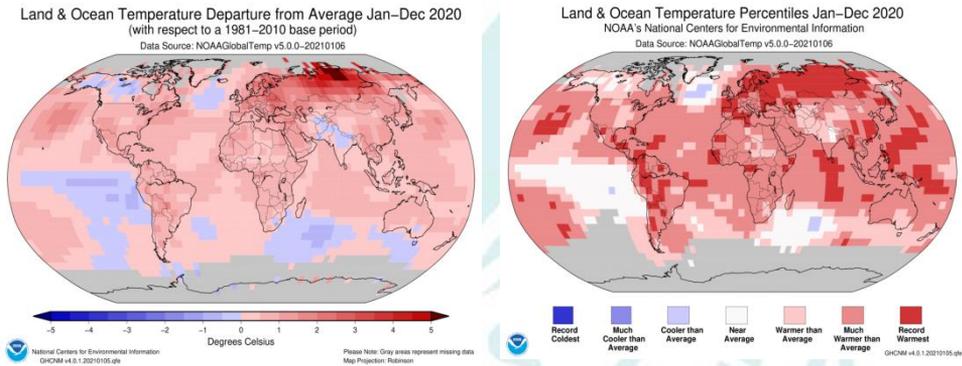
توضح خريطة انحراف درجات حرارة اليابسة وسطح البحر لعام ٢٠٢٠ بأكمله وجود احتزاز واسع النطاق، خاصة في المناطق القطبية والشمالية، مقارنةً بفترة الأساس ١٩٨١-٢٠١٠. ويشير هذا التوزيع إلى استمرار الاتجاه العالمي نحو ارتفاع درجات الحرارة .

-خريطة النسب المئوية لدرجات الحرارة

(Land & Ocean Temperature Percentiles Jan – Dec 2020)

تُظهر خريطة النسب المئوية أن أجزاء كبيرة من العالم سجلت درجات حرارة ضمن الفئات أكثر حرارة من المتوسط أو حتى الأشد حرارة في السجلات، مما يعكس التأثيرات المتراكمة للعوامل المناخية، بما في ذلك ظواهر مثل النينو والتغير المناخي. هذه الخرائط تؤكد وجود اتجاه عالمي واضح نحو الاحترار المناخي طويل الأمد، مع تأثيرات مستمرة في القطب الشمالي وسيبيريا هي الأعلى حرارة.

خريطة (٥)



المصدر: (NOAA, 2021)

خلاصة تحليل خرائط SST

خلال شهر مايو ٢٠٢٠ (سنة محايدة)، أظهرت خرائط SST درجات حرارة طبيعية في المحيط الهادئ الاستوائي. بينما في مايو ٢٠٢٣، لوحظ ارتفاع درجات الحرارة ما يؤكد وجود ظاهرة النينو.

في ديسمبر ٢٠٢٠، بقيت الحالة قريبة من الوضع الطبيعي. بينما في ديسمبر ٢٠٢٣، استمرت درجات الحرارة المرتفعة في مناطق واسعة من المحيط الهادئ، مع ظهور تباين حراري كبير في مناطق أخرى مثل السواحل الغربية للأمريكتين.

تحليل خرائط درجات حرارة اليابسة والمحيطات لسنة ٢٠٢٣

فيما يلي تحليل للخرائط المناخية المرفقة من تقرير الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي

(NOAA) حول درجات الحرارة العالمية لشهري مايو ٢٠٢٣ ويناير- مايو ٢٠٢٣ وديسمبر :

تحليل خريطة شهر مايو ٢٠٢٣ يلاحظ من الخريطة رقم (٦)

(NOAA Global Temp v5.1.0-20230608)

-خريطة الانحراف الحراري

(Land & Ocean Temperature Departure from Average – May 2023)

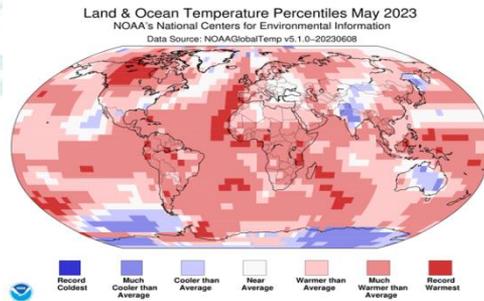
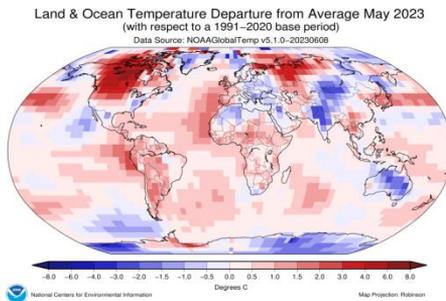
تُظهر خريطة NOAA لشهر مايو ٢٠٢٣ انحراف درجات حرارة اليابسة والمحيطات عن المعدل العام للفترة المرجعية (١٩٩١-٢٠٢٠)، بالإضافة إلى التوزيع المئوي للحرارة على الصعيد العالمي. ويلاحظ من الخريطة (يساراً) أن منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا شهدت درجات حرارة أعلى من المعدل، خاصة في العراق وبلاد الشام وشبه الجزيرة العربية.

-خريطة النسب المئوية لدرجات الحرارة

(Land & Ocean Temperature Percentiles – May 2023)

توضح أن أجزاء واسعة من الشرق الأوسط، بما في ذلك العراق شهد ارتفاعاً ملحوظاً في درجات الحرارة ، وهو ما يرتبط بالتغيرات المناخية العالمية وتطور ظاهرة النينيو في المحيط الهادئ. هذا الارتفاع قد ساهم في تسريع الجفاف ما يدل على تفاقم موجات الحر في المنطقة.

خريطة (٦)



المصدر: (NOAA, 2023)

تحليل الخرائط الخاصة من يناير إلى مايو ٢٠٢٣ يلاحظ خريطة رقم (٧)
(NOAA Global Temp v5.1.0-20230608)

-خريطة الانحراف الحراري

(Land & Ocean Temperature Departure from Average Jan- May 2023)

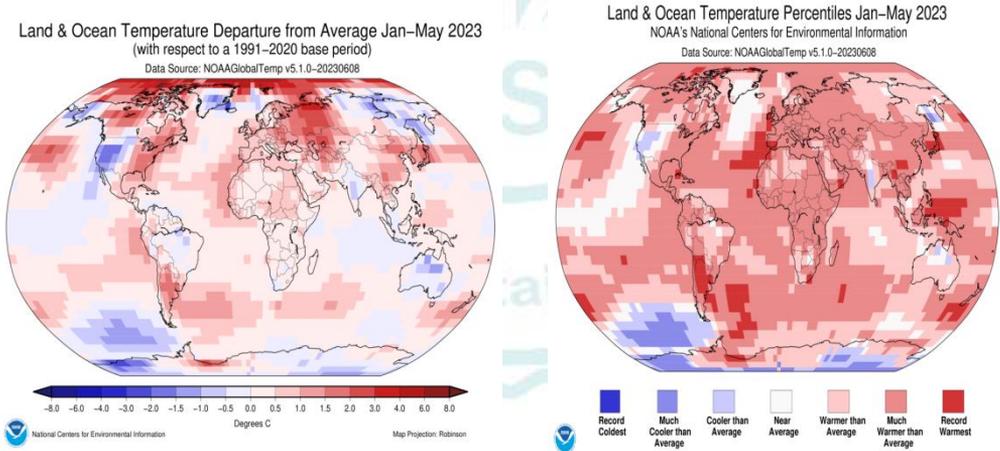
خريطة النسب المئوية لدرجات الحرارة (- Ocean Temperature Percentiles Jan - Land & May 2023)

(الانحراف) ٢٠٢٣ مايو إلى يناير من الممتدة NOAA تُبين خرائط (Land & May 2023)

الحراري على اليسار، والنسب المئوية على اليمين) استمرار ظاهرة الاحترار في معظم أجزاء العالم، مع تسجيل انحرافات حرارية موجبة في معظم المناطق البرية والبحرية.

تشير الخريطة إلى أن الشرق الأوسط، بما في ذلك العراق، تأثر بشدة بهذا الاحترار الممتد، حيث صنّقت المنطقة ضمن الفئة أكثر دفئاً من المعتاد وأكثر حرارة مُسجلة في بعض المواقع. ويُعزى ذلك إلى تأثيرات النينيو المتزايدة والاحترار العالمي.

خريطة (٧)



المصدر: (NOAA, 2023)

تحليل خرائط درجات حرارة اليابس والمحيطات لسنة ٢٠٢٣ استناداً إلى:

NOAA (2023). Global Climate Report — December 2023

تحليل خرائط شهر ديسمبر 2023 يلاحظ من الخريطة رقم (٨)
(NOAA Global Temp v5.1.0-20240108)

خريطة الانحراف الحراري

(Land & Ocean Temperature Departure from Average – Dec 2023)

تعكس هذه الخريطة الفروقات في درجات حرارة اليابسة والمحيطات خلال شهر ديسمبر ٢٠٢٣ مقارنةً بالمعدل المرجعي (١٩٩١-٢٠٢٠).

يتضح من الخريطة أن معظم مناطق نصف الكرة الشمالي، بما في ذلك أجزاء واسعة من أوراسيا والشرق الأوسط، شهدت انحرافاً موجباً في درجات الحرارة، يصل إلى ما بين +١.٠ إلى +٤.٠ درجات مئوية، في المقابل هناك بعض المناطق المحدودة في أمريكا الشمالية والمحيط الهادئ الجنوبي سجّلت انحرافاً سالباً (أبرد من المعتاد) وتُظهر الخريطة أن العراق شهد انحرافاً حرارياً واضحاً نحو الأعلى، يتراوح بين +١.٥ إلى +٣.٠ درجات مئوية مقارنةً بالمعدل العام، خاصة في المناطق الوسطى والجنوبية. وهذا يشير إلى أن شهر ديسمبر ٢٠٢٣ كان أدفأ من المعتاد بشكل لافت، ما قد يرتبط بتأثيرات النينيو النشطة التي تؤدي إلى زيادة درجات حرارة السطح في المناطق الداخلية خلال الشتاء.

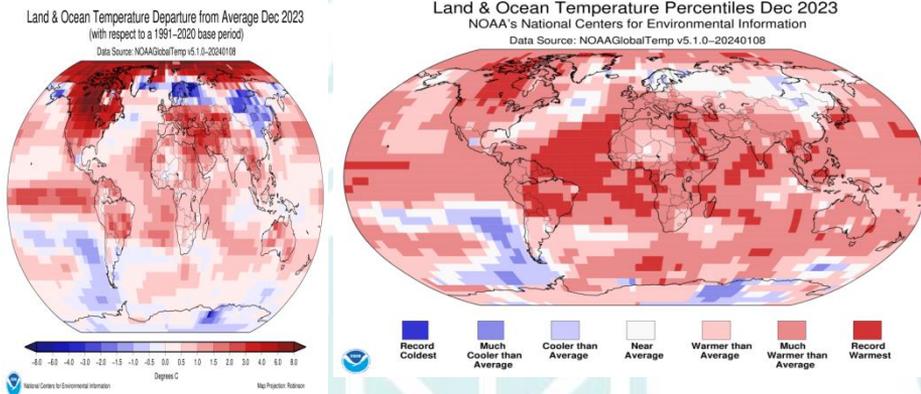
خريطة النسب المئوية لدرجات الحرارة

(Land & Ocean Temperature Percentiles – Dec 2023)

تُظهر خريطة النسب المئوية تصنيف ديسمبر ٢٠٢٣ مقارنةً بالسجل التاريخي من حيث الترتيب النسبي لدرجة الحرارة. غالبية مناطق العالم صُنِّفت ضمن الفئات أدفأ من المعدل وأدفاً بكثير من المعدل، مع بؤر متعددة مصنّفة كالأشد حرارة على الإطلاق (Record Warmest). في منطقة الشرق الأوسط، بما في ذلك العراق، تُظهر الخريطة أن المنطقة تقع ضمن الفئة Much Warmer than Average وفي بعض أجزاء البلاد وخاصة الوسطى

والجنوبية، تقترب من فئة Record Warmest. وتشير البيانات إلى أن شهر ديسمبر ٢٠٢٣ كان من بين الأشهر الأكثر دفئاً في السجل المناخي الحديث للعراق، وهو ما يُعزز ملاحظات الباحثين حول تغير نمط الشتاء العراقي من حيث قصر المدة وارتفاع درجات الحرارة، وهو أمر يؤثر على احتياطي المياه، والزراعة الموسمية.

خريطة (٨)



المصدر: (NOAA, 2024)

تحليل خرائط من يناير الى ديسمبر يلاحظ خريطة رقم (٩)

(NOAA Global Temp v5.1.0-20240108)

خريطة الانحراف الحراري

(Land & Ocean Temperature Departure from Average Jan - Dec 2023)

تُظهر خريطة الانحرافات الحرارية لعام ٢٠٢٣ انحرافاً واسع النطاق نحو القيم الإيجابية في درجات حرارة اليابسة والمحيطات مقارنةً بالفترة المرجعية ١٩٩١-٢٠٢٠. وتشير الألوان الحمراء بدرجاتها المختلفة إلى احتراق متفاوت، بينما تقتصر الانحرافات السالبة (الألوان الزرقاء) على مناطق قليلة، مثل جنوب المحيط الهادئ وأجزاء من القارة القطبية الجنوبية.

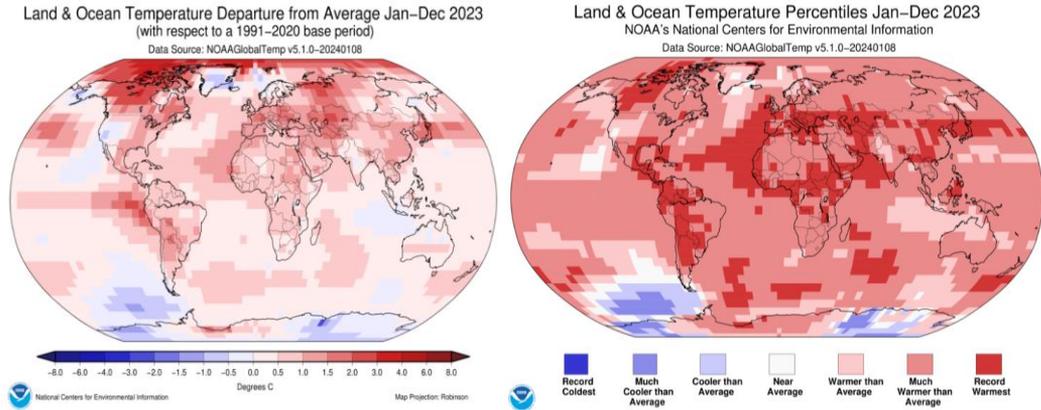
أما العراق، فيقع ضمن منطقة شهدت ارتفاعاً ملحوظاً في درجات الحرارة بمعدل يتراوح ما بين ١.٠+ إلى ٢.٥+ درجة مئوية فوق المعدل الطبيعي، ما يعكس اتساقه مع نمط إقليمي واسع في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تأثرت فيه أغلب الدول بظروف حرارية غير معتادة.

(Land & Ocean Temperature Percentiles Jan – Dec 2023)

يظهر من هذه الخريطة أن مناطق شاسعة من العالم، خصوصاً الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، صُنِّفت ضمن الفئات أكثر دفئاً من المتوسط والأكثر دفئاً على الإطلاق (Record Warmest).

في هذا السياق، سجّل العراق نسبة مئوية مرتفعة جداً ضمن تصنيف Much Warmer than Average ، بعض أجزائه ضمن فئة Record Warmest، مما يشير إلى أن عام ٢٠٢٣ يُعد من أشد الأعوام حرارةً في السجل المناخي للعراق. وهو ما ينعكس على تقادم موجات الحرارة الطويلة، وزيادة فترات الجفاف، واضطراب نمط الأمطار، وهي جميعها مؤشرات مباشرة على تأثير التغير المناخي المدفوع بالعوامل العالمية، ومنها ظاهرة النينيو.

خريطة (٩)



المصدر: (NOAA, 2024)

خلاصة التحليل الجغرافي المقارن للخرائط:

الاتجاه العام: ارتفاع درجات الحرارة عالميًا خاصة في المناطق القطبية والشمالية. التغير الزمني: كلما طالت مدة التحليل، ظهرت بشكل أوضح الاتجاهات المناخية. الفرق الموسمي: أشهر مثل ديسمبر تُظهر تفاوتًا أكبر بسبب التفاعل بين الظواهر الموسمية (مثل النينيا).

دلالة الخرائط: الأدلة الجغرافية والزمانية تُشير بوضوح إلى تأثير التغير المناخي المتسارع على توزيع درجات الحرارة عالميًا.

تأثيرات النينو الجوية

يؤدي المحيط عددًا من الأدوار المهمة في المناخ. تتغير درجات حرارة السطح ببطء نسبيًا فوق المحيط، لذا يمكن استخدام الأنماط المتكررة في درجة حرارة سطح البحر لفهم أنماط الطقس سريعة التغير فوق اليابسة على نطاقات زمنية موسمية، وفي بعض الحالات، التنبؤ بها. (World Meteorological Organization [WMO], 2019, p. 16).

وبينما تتطوي ظاهرة النينو على اقتران وثيق بين الغلاف الجوي والمحيطات، فإن السائلين يستجيبان لبعضهما البعض. على فترات زمنية مختلفة جدًا. الغلاف الجوي أقل كثافة بآلاف المرات من المحيط، ومن ثم يستجيب على الفور تقريبًا للتأثير من سطح المحيط. وبالمقارنة فإن المحيط ضخم، لذا فإن استجابته الديناميكية للتأثيرات الجوية بطيئة نسبيًا. على سبيل المثال، قد تستغرق أعماق المنحدر الحراري عدة أشهر للتكيف مع الرياح المتغيرة في المناطق الاستوائية، في حين أن الحمل الحراري في الغلاف الجوي يمكن أن يتطور في غضون ساعات فوق المياه السطحية الدافئة.

تعد الحرارة المنبعثة في طبقة التروبوسفير من الحمل الحراري الاستوائي العميق إحدى القوى الدافعة الرئيسية للدورة الجوية العالمية. التغييرات في الموقع. وبالتالي فإن مصادر الحرارة الاستوائية خلال ظاهرة النينو تؤدي إلى تغييرات واسعة النطاق في أنماط الرياح والطقس في خارج المحيط الهادئ الاستوائي (McPhaden, 2002, pp. 353–370).

التأثير على درجات الحرارة العالمية

يمكن أن يكون لأحداث النينو تأثير إجمالي يتمثل في زيادة المتوسط العالمي لدرجات الحرارة السطحية. ولا تؤدي أحداث النينو والنينيا إلا إلى تعديل هذا الاتجاه الأساسي، حيث تعمل ظاهرة النينو والنينيا على تضخيم الاحترار في السنوات المقابلة. وكان عام ١٩٩٨، الذي شهد ظاهرة النينو القوية بشكل استثنائي، ثاني أكثر الأعوام حرارة على الإطلاق. كان العام الأكثر دفئاً على الإطلاق هو عام ٢٠١٠ (WMO, 2014, p. 4,6).

كانت مدة الثلاثينيات إلى أوائل الخمسينيات من القرن العشرين فترة شهدت عددًا قليلاً نسبياً من ظاهرة النينو، في حين شهدت المدة منذ عام ١٩٧٦ ذلك. أكثر تواتراً وأقوى، وفي ١٩٩١-١٩٩٥، كانت ظاهرة النينو أطول أمداً. تتنبأ العديد من نماذج المحيطات والغلاف الجوي المقترنة باحترار دائم يشبه ظاهرة النينو في المحيط الهادئ الاستوائي بسبب زيادة التأثير الناتج عن غازات الدفيئة.

ارتفاع ثاني أكسيد الكربون، يتباطأ بشكل ملحوظ خلال المراحل الأولى من ظاهرة النينو. ومع ذلك، خلال المراحل اللاحقة من ظاهرة النينو، ترتفع تراكيز ثاني أكسيد الكربون العالمي بشكل حاد، مما قد يعكس الاستجابة المتأخرة للمجال الحيوي الأرضي للتغيرات الناجمة عن ظاهرة النينو في أنماط الطقس.

كانت الأعوام الأكثر حرارة المسجلة هي عامي ١٩٩٨ و ١٩٩٧، بهذا الترتيب. وقد ساهم حدوث ظاهرة النينو في المدة ١٩٩٧-١٩٩٨ جزئياً في هذه الظواهر المتطرفة، لأن درجات الحرارة العالمية ارتفعت بضعة أعشار الدرجة المئوية بعد ذروة ارتفاع ظاهرة النينو في منطقة المحيط الهادئ الاستوائية. ومع ذلك، وبصرف النظر عن الدفء القياسي في الفترة ١٩٩٧-١٩٩٨، كان هناك اتجاه أساس نحو زيادة متوسط درجات حرارة الهواء العالمية بنحو ٠.٦ درجة مئوية خلال القرن الماضي. علاوة على ذلك، تشير بيانات حلقات الأشجار والعينات الجليدية إلى أن القرن العشرين كان القرن الأكثر دفئاً، وأن عقد التسعينيات كان العقد الأكثر دفئاً خلال الألفية الماضية. إجماع المجتمع العلمي في الوقت الحاضر هو أن الزيادة الأخيرة في درجات الحرارة

العالمية هي من صنع الإنسان من خلال احتراق الوقود الأحفوري وإزالة الغابات. (McPhaden,) (2002, pp. 353-370).

تأثيرها على الامطار والجفاف

أثناء أحداث النينيو، يؤدي تجمع المياه الدافئة في وسط أو شرق المحيط الهادئ الاستوائي إلى تسخين الغلاف الجوي فوقها، مما يؤدي إلى ارتفاع الهواء. ومع ارتفاعه، يبرد الهواء وينتج المطر. في المقابل، على الجانب الغربي من المحيط الهادئ، يميل سطح المحيط إلى البرودة وتكون الحركة الصاعدة أقل. هذه الأنماط المتغيرة للهواء الصاعد والهابط هي جزء من مكون التذبذب الجنوبي للتذبذب الجنوبي .

ومن المهم أن نؤكد أن هذه تأثيرات نموذجية - وليست توقعات محددة - وأن الظروف الفعلية تختلف وفقاً لقوة ظاهرة النينيو وتوقيتها. يمكن لعوامل أخرى (مثل ثنائي القطب في المحيط الهندي أو تذبذب شمال الأطلسي/ تذبذب القطب الشمالي) أن يكون لها أيضاً تأثير مهم على المناخ الموسمي (WMO, 2014, p.6).

من آثار التحول شرقاً في هطول الأمطار على طول خط الاستواء أثناء ظاهرة النينيو هو حدوث الجفاف في أستراليا وإندونيسيا والبلدان المجاورة. ومن ناحية أخرى، تغمر الأمطار الغزيرة الدول الجزرية في وسط المحيط الهادئ والساحل الغربي لأمريكا الجنوبية. نطاقات هطول الأمطار الغزيرة التي تقع عادة شمال وجنوب خط الاستواء في منطقة التقارب بين المناطق المدارية ومنطقة التقارب جنوب المحيط الهادئ تتحرك أيضاً نحو خط الاستواء مع ارتفاع حرارة المياه السطحية. وتسهم هذه التحولات في خطوط العرض في هطول أمطار غزيرة بشكل غير عادي بالقرب من خط الاستواء في وسط وشرق المحيط الهادئ، وفي ظروف الجفاف عند خطوط العرض الأعلى في مناطق مثل كاليدونيا الجديدة وفيجي في الجنوب، وهاواي في الشمال. (McPhaden, 2002,) (pp. 353-370).

تأثير ظاهرة النينو على ارتفاع ثاني اوكسيد الكربون والاحترار العالمي

تسهم حالات الجفاف واسعة النطاق وارتفاع درجات الحرارة في المناطق الاستوائية خلال ظاهرة النينو في زيادة عدد حرائق الغابات، مما يؤدي إلى تعديل التوازن بين التنفس وامتصاص ثاني أكسيد الكربون من خلال التمثيل الضوئي في النباتات البرية. يمكن أن تؤدي هذه العمليات إلى زيادة غير طبيعية في إمدادات ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي بما يكفي لتجاوز الانخفاض في ثاني أكسيد الكربون، نتيجة لانخفاض تدفق مياه القاع إلى السطح عند خط الاستواء. بالإضافة إلى ذلك تعد المحيطات الاستوائية مصدرًا رئيسيًا لثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، مع سيطرة المحيط الهادئ بسبب حجمه الكبير. يؤدي ارتفاع مياه القاع إلى السطح عند خط الاستواء إلى إطلاق حوالي مليار طن من الكربون على شكل ثاني أكسيد الكربون سنويًا في الغلاف الجوي، حيث يتم رفع المياه الغنية بالكربون غير العضوي من الخط الحراري إلى السطح. كمية الكربون المنبعثة في الغلاف الجوي. وكان من الممكن أن يكون المعدل أعلى من ذلك في المنطقة الاستوائية من المحيط الهادئ لولا عملية التمثيل الضوئي، التي تحول مليار طن من الكربون غير العضوي المتصاعد كل عام إلى كائنات حية. وتهيمن دورة ENSO على التباين من سنة إلى أخرى في تراكيزات الكربون في الغلاف الجوي العالمي . خلال ظاهرة النينو، يتم قمع التقلبات الاستوائية في شرق ووسط المحيط الهادئ، من سنة إلى أخرى. (McPhaden, 2002, pp. 353-370). يمكن أن يعزى حدوث المزيد من ظاهرة النينو في شرق المحيط الهادئ EP إلى التحول نحو الشرق لنظام التغذية المرتدة للتذبذب الجنوبي الناجم عن ظاهرة الاحتباس الحراري الشبيهة بظاهرة النينو.

تظهر النتائج أن ارتفاع درجة حرارة أعماق المحيطات هو المحرك الرئيسي لتغيرات ENSO (Kim et al., 2024.p6)

تُعدّ منطقة شرق البحر المتوسط والشرق الأوسط، التي تشمل حوضي دجلة والفرات، إحدى مناطق العالم التي تضررت بشدة من تغير المناخ وتتمثل الاتجاهات الحالية المُقاسة والمتوقعة في هذه المنطقة في ارتفاع درجات الحرارة مع انخفاض هطول الأمطار في مناطق مستجمعات مياه

النهرين في جنوب شرق الأناضول، وسوريا، وشمال غرب وشرق إيران، وشمال العراق. وقد أظهرت الدراسات العديدة التي أجريت حتى الآن حول العلاقة بين ما يحدث في المنطقة وما يحدث في بقية العالم أن نمط الطقس هنا يرتبط ارتباطاً وثيقاً بظروف شمال الأطلسي والمناطق المحيطة به. تدعم هذه النتائج فرضية أن تقلبات تذبذب ضغط شمال الأطلسي (NAO) الناتجة عن تغير المناخ العالمي، من بين عوامل أخرى، تؤثر على التغيرات المناخية المتوقعة في حوضي دجلة والفرات. وخالصة هذه الدراسات، أنها تُظهر انخفاضاً حاداً في موارد مياه نهر الفرات ودجلة في نهاية هذا القرن بنسبة تتراوح بين (٣٠ و ٧٠)٪، مقارنةً بقيمها في العقود الثلاثة الأخيرة من القرن الماضي. (Adamo et al., ٢٠١٨ p.٧١٠,٧٠٠)

ظاهرة النينو ونشاط الأعاصير الاستوائية

تميل ظاهرة النينو إلى زيادة نشاط الأعاصير المدارية في أحواض وسط وشرق المحيط الهادئ وأقل في حوض المحيط الأطلسي (WMO, 2014, p.6). وتتأثر العواصف الاستوائية الشديدة في مناطق أخرى (يشار إليها بالأعاصير في شمال شرق المحيط الهادئ، والأعاصير في شمال غرب المحيط الهادئ، والأعاصير في المحيط الهندي ونصف الكرة الجنوبي) من حيث توزيعها المكاني وشدتها. تعد الحرارة المنبعثة من سطح المحيط مصدراً رئيسياً للطاقة للعواصف الاستوائية الشديدة، والتي تتولد دائماً تقريباً فوق مياه أكثر دفئاً من ٢٦ درجة مئوية. ولذلك، فإن الاحترار الواسع النطاق في شرق المحيط الهادئ خلال ظاهرة النينو يسمح للأعاصير بالانتقال إلى مسافة أبعد غرباً وشمالاً، وفي بعض الحالات، تصل إلى مستويات أكبر قوة وعلى نحو مماثل، يتوسع امتداد المياه السطحية الاستوائية الدافئة باتجاه الشرق على طول خط الاستواء أثناء ظاهرة النينو. المنطقة التي يمكن أن تنتشر فيها الأعاصير. تتجسد التغيرات التي يمكن أن تحدث في نشاط العواصف الاستوائية في شرق المحيط الهادئ أثناء ظاهرة النينو في موسم عام ١٩٩٧ عندما ارتفع إعصار ليندا إلى مستويات قياسية، وتتبع إعصار نورا مسافة بعيدة نحو الشمال، مما أدى إلى هطول أمطار غزيرة على شمال المكسيك وجنوب غرب الولايات المتحدة القاحلة عادة. يمكن أن

يكون لظاهرة النينو أيضًا تأثير إيجابي على الطقس، مثل جلب فصول شتاء أكثر اعتدالاً إلى أمريكا الشمالية وقمع تكوين الأعاصير الأطلسية (McPhaden, 2002, pp. 353-370).

الاستنتاجات:

١- تتمثل الاضافة العلمية لهذه الدراسة في الربط التطبيقي بين تطور ظاهرة النينو في المحيط الهادئ والاستجابة الحرارية الاقليمية في العراق والعالم اعتمادا على تحليل خرائط مناخية موحدة المصدر بما يعزز فهم تأثير ENSO على المناخ واستخدام خرائط NOAA الحرارية (الانحراف والنسب المئوية) كاداة تحليل جغرافي تطبيقي حيث ان القليل من الدراسات ربط خرائط SST العالمية مباشرة مع الاستجابة الحرارية ونادرا ما تمت مقارنة سنة محايدة ٢٠٢٠ مع سنة نينو قوية ٢٠٢٣ باستخدام نفس المنهج والخرائط.

٢- بينت خرائط درجات حرارة سطح البحر SST في منطقة Niño 3.4 ارتفاعا ملحوظا خلال عام ٢٠٢٣ ما يؤكد نشاط ظاهرة النينو وتزامن ذلك مع انحرافات حرارية موجبة واضحة في مناطق عدة من ضمنها العراق خاصة في فصل الشتاء وتظهر المقارنة ان مساحة العراق الواقعة ضمن فئة ادفا بكثير من المعدل توسعت بشكل واضح خلال ٢٠٢٣ مقارنة بعام ٢٠٢٠ مما يعكس ان تأثير ظاهرة النينو لا تقتصر على المناطق المدارية في المحيط الهادئ بل يمتد ليشمل مناطق بعيدة جغرافيا ومن بينها العراق.

٣- اظهرت المقارنة بين سنة محايدة (٢٠٢٠) وسنة نينو نشطة (٢٠٢٣) اعتماداً على خرائط NOAA فروقا واضحة في شدة واتساع الاحترار العالمي ، حيث تميز عام ٢٠٢٣ بارتفاع حراري اكبر وانتشار اوسع للقيم الموجبة مقارنة بعام ٢٠٢٠.

٤- ان هناك نقاط مشتركة عامة للخرائط حيث تشير النتائج الى ان سنوات النينو تسهم في تضخيم تأثير الاحترار العالمي حيث يظهر تركيز الاحترار في المناطق العليا من نصف الكرة الشماليأ سهم في ذوبان الجليد، ما يؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر وتغير النظم البيئية.

٥- تتسبب الحرارة الزائدة في اضطرابات مناخية واسعة، مثل زيادة شدة موجات الحر والجفاف، وتفاقم مخاطر الحرائق، وتغير النمط الزراعي، وتأثيرات كبيرة على الحياة البحرية والبرية.

٦-ديسمبر ٢٠٢٣ يُصنف ضمن أقوى أحداث النينيو في القرن الحادي والعشرين.

التوصيات:

١-زيادة التعاون بين الجهات البحثية المحلية والعالمية لتطوير خرائط مناخية شهرية محدثة باللغة العربية.

٢-إدراج ظاهرة النينيو ضمن مناهج التعليم الجامعي في الجغرافيا والمناخ لمواكبة التطورات الحديثة في فهم التغير المناخي.
المصادر باللغة العربية:

١-المعموري، بدر جدوع أحمد. (٢٠١٤). مشكلات مناخية معاصرة: دراسة في مظاهر التغير المناخي. بغداد: دار الفراهيدي للنشر والتوزيع.
المصادر الأجنبية:

1-Adamo, N., Al-Ansari, N., Sissakian, V., Laue, J & .Knutsson, S. (2018). The future of the Tigris and Euphrates water resources in view of climate change. Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering, 8(3), 59-74.

2-Anandraj, K. C., & Aravind, S. (2023). Scientometric study on global research literature on El Niño and La Niña. SSRN Electronic Journal.

<https://doi.org/10.2139/ssrn.4864067>

3- Climate Prediction Center. (n.d.). Niño region sea surface temperature indices.

National Oceanic and Atmospheric Administration. Retrieved January 15, 2025,

from https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/nino_region.shtml

4-Climate Prediction Center. (2025, July 10). El Niño/Southern Oscillation (ENSO) diagnostic discussion. National Oceanic and Atmospheric

Administration. https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/

- 5- Kim, G.-I., Oh, J.-H., Shin, N.-Y., An, S.-I., Yeh, S.-W., Shin, J., & Kug, J.-S. (2024). Deep ocean warming-induced El Niño changes. *Nature Communications*, 15(1), Article 6225. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46225-0>
- 6- McPhaden, M. J. (2002). El Niño and La Niña: Causes and global consequences. In T. Munn (Ed.), *Encyclopedia of global environmental change* (Vol. 1, pp. 353–370). John Wiley & Sons.
- 7-National Oceanic and Atmospheric Administration. (2020, May). Global climate report—May 2020. National Centers for Environmental Information. Retrieved January 15, 2025, from <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202005>
- 8-National Oceanic and Atmospheric Administration. (2020, December). Global climate report—December 2020. National Centers for Environmental Information. Retrieved January 15, 2025, from <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202012>
- 9-National Oceanic and Atmospheric Administration. (2023, May). Global climate report—May 2023. National Centers for Environmental Information. Retrieved January 15, 2025, from <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202305>
- 10-National Oceanic and Atmospheric Administration. (2023, December). Global climate report—December 2023. National Centers for Environmental Information. Retrieved January 15, 2025, from <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202312>
- 11-Philander, S. G. H. (1985). El Niño and La Niña. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 42(23), 2652–2662. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1985\)042<2652:ENALN>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1985)042<2652:ENALN>2.0.CO;2)

12-Trenberth, K. E. (1997). The definition of El Niño. Bulletin of the American Meteorological Society, 78(12), 2771–2777. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1997\)078<2771:TDOENO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1997)078<2771:TDOENO>2.0.CO;2)

13-World Meteorological Organization. (2014). El Niño/Southern Oscillation (WMO–No. 1145). WMO.

14-World Meteorological Organization. (2019). WMO provisional statement on the state of the global climate in 2019. WMO.

