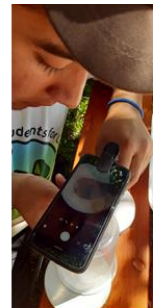


English Version

Caracterización del hábitat larval de mosquitos *Culex* en charcos paralelos al río Chimehuín

Pepe, M.; Martínez, L. y Wehinger, J.

Profesores: Prieto, A; Pepe, J. y Sepúlveda, G.
Club de Ciencias Huechulafquen
Argentina



Marzo 2020

Resumen:

La Patagonia se caracteriza por clima templado a frío con estación seca durante la temporada estival. Estas condiciones impactan en la reproducción y sobrevivencia de los mosquitos. Se conoce muy poco sobre los hábitats elegidos por las hembras para poner sus huevos en esta región, donde se han registrado especies fuera del límite esperado. Con el cambio climático se pronostica una expansión de mosquitos hacia latitudes y altitudes más altas. Preguntas: ¿Cuáles son las características físico-químicas del agua de los charcos paralelos al río Chimehuín que tienen larvas de mosquitos? ¿Qué diferencias existen entre la calidad del agua y los macroinvertebrados que se encuentran en charcos y en el río? ¿Qué otras especies conviven con los mosquitos en los charcos? El objetivo fue caracterizar la calidad del agua y la cobertura terrestre en los hábitats con larvas de mosquitos en la ciudad de Junín de los Andes. Metodología: se aplicaron protocolos de hidrósfera y biósfera del Programa GLOBE y la aplicación GLOBE-Observer. Se realizaron análisis de calidad de agua y mediciones de cobertura terrestre. Se aplicó el test – T para establecer diferencias de medias y las caras Chernoff para comparar múltiples parámetros entre sitios. Se colocaron trampas con cebos para mosquitos. Oxígeno, turbidez, alcalinidad mostraron diferencias significativas entre los charcos y el río. La diversidad de macroinvertebrados fue mayor en el río, en los charcos con mosquitos solo se encontraron anfípodos. Conocer los hábitats de reproducción de mosquitos en la Patagonia es importante para entender los factores limitantes, diseñar sistemas de control y mitigar efectos de desplazamiento por cambio climático. Se recomienda realizar estudios similares en otras ciudades para aumentar el conocimiento sobre las preferencias de hábitats.

Palabras clave: Mosquito – Culex – Patagonia – Hábitat - Charcos

Tabla de contenido

Resumen:	1
Preguntas de investigación e hipótesis:	1
Introducción y revisión de literatura:.....	4
Materiales y métodos de investigación:.....	7
Resultados:.....	11
Discusión:	14
Conclusión:	14
Agradecimientos	15
Bibliografía/Citas:	15

Preguntas de investigación e hipótesis:

Se conocen más de 40 géneros de mosquitos y alrededor de 3.500 especies. En la región de Patagonia Argentina se han registrado sólo 15 especies. (Tabla 1) (Rossi & Vezzani, 2011; Rossi, 2015; Villacide & Masciocchi, 2013; Berón, et.al, 2016). Los géneros Anopheles, Aedes y Culex,

tienen especial relevancia porque transmiten enfermedades peligrosas como la malaria, fiebre del dengue y Chikungunya, virus del Nilo occidental y virus Zika. (NASA/The GLOBE Program, 2017) (Tabla 2)

Se considera a los mosquitos como el animal más peligroso del mundo por la cantidad de muertes que provocan cada año (WHO, 2020; Weetman, et al., 2015; Blasberg, et al., 2016; Bissinger, et al., 2014).

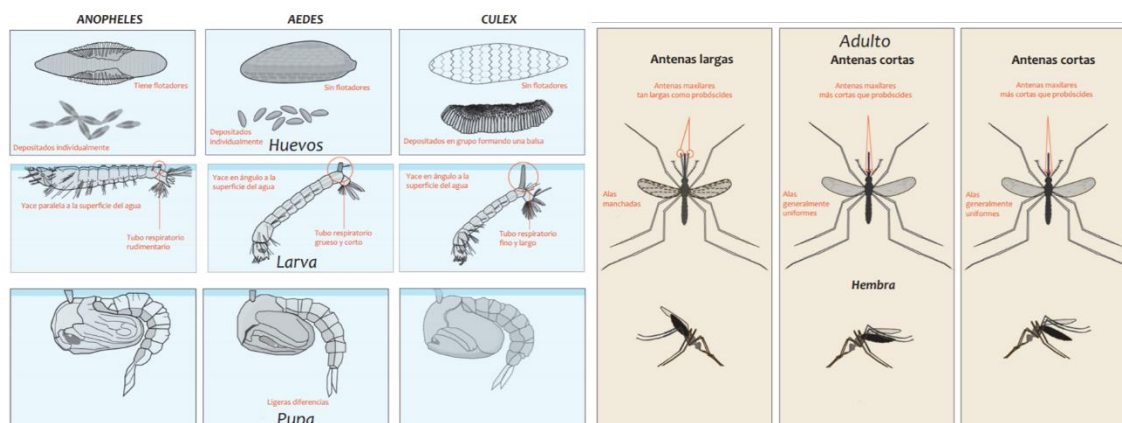


Fig.1. Principales diferencias entre géneros de mosquitos. Fuente: NASA/The GLOBE Program, 2017.

Los mosquitos (Fig.1) provocan varias enfermedades porque son vectores de virus, bacterias y parásitos. La incidencia mundial del dengue se ha multiplicado por 30 en los últimos 30 años (Lam, et al., 2012), y más países están reportando sus primeros brotes de la enfermedad. Zika, dengue, chikungunya y fiebre amarilla son transmitidos a los humanos por el mosquito *Aedes aegypti*. Debido a la distribución de las personas en el mundo, se estima que más de la mitad de la población mundial vive en áreas donde está presente el mosquito *Aedes*. (Tabla 2).

Tabla 1. Especies de mosquitos citadas en la región de Patagonia.

Número	Especies	Citadas (1985) Darsie & Mitchell	Citadas (1998) Campos & Maciá	Citadas (2015) Rossi
1	<i>Ae. (Och.) albifasciatus</i>	x		
2	<i>Ae. (Och.) scapularis</i>	x		
3	<i>Ae. (Och.) serratus</i>	x		
4	<i>Cx. (Alm.) tramazayguesi</i>	x		
5	<i>Cx. (Cux.) acharistus</i>	x	x	
6	<i>Cx. (Cux.) apicinus</i>			x
7	<i>Cx. (Cux.) articularis</i>	x		x
8	<i>Cx. (Cux.) brethesi</i>			x
9	<i>Cx. (Cux.) coronator</i>			x
10	<i>Cx. (Cux.) dolosus</i>	x	x	
11	<i>Cx. (Cux.) eduardoi</i>			x
12	<i>Cx. (Cux.) pipiens</i>	x		
13	<i>Cx. (Cux.) spinosus</i>	x		
14	<i>Cx. (Phy.) castroi</i>			x
15	<i>Or. peytoni</i>			x

Tabla 2. Principales enfermedades transmitidas por mosquitos

Género de mosquitos	Enfermedades transmitidas	
Aedes	Chikungunya Dengue Filariasis linfática Fiebre del Valle del Rift Fiebre amarilla Zika	Dirofilaria immitis Fiebre del Ross River Virus del Barmah Forest Encefalitis de La Crosse Virus Keystone
Anopheles	Malaria o Paludismo Filariasis linfática Dirofilaria immitis	
Culex	La encefalitis japonesa Filariasis linfática Fiebre del Nilo occidental Dirofilaria immitis	Encefalitis de Saint Louis Virus de la encefalitis equina occidental Fiebre del Ross River Virus del Barmah Forest
Psorophora	Dirofilaria immitis	
Mansonia	Dirofilaria immitis	
Culiseta	Virus de la encefalitis equina occidental Virus de la encefalitis equina oriental	

Estudios recientes han encontrado que algunas enfermedades infecciosas humanas transmitidas por vectores, como la malaria, la fiebre amarilla y el dengue se han distribuido a un rango más amplio (Harvell et al., 2002) y en 2012 se reportó por primera vez la presencia de *Aedes aegypti* en la ciudad de Neuquén (región Patagonia Norte) extendiéndose al sur de su límite reportado anteriormente. (Grech, et.al, 2012, 2019). En la ciudad de Buenos Aires y en el Sur de Brasil se han registrado larvas de Cx. Eduardoi durante todo el año y en 2007 se encontraron en la provincia de Santa Cruz, a la latitud de 45° Sur, reflejando una respuesta adaptativa a una amplia gama de condiciones térmicas, según Burroni, et.al, 2007.

Según Grech, et.al, 2019 en la región de la Patagonia de clima templado a frío, ubicada en América del Sur (36–55° S), todavía falta una comprensión detallada de la ecología de las larvas de mosquitos. Por ejemplo, en la provincia de Tierra del Fuego (52–55° S) es el área más austral del mundo donde se encuentra *Aedes albifasciatus* establecida en forma permanente.

Los factores ambientales, como la temperatura, el oxígeno disuelto, la conductividad y el pH pueden afectar el número de macroinvertebrados depredadores de mosquitos y las larvas que son sus presas (Dida, et al. 2015). Estos factores abióticos fluctuantes afectan a los depredadores y a las presas de manera diferencial (Anderson et al. 2001). Comprender los límites biológicos de las especies de mosquitos a los factores abióticos, así como la estructura de su hábitat en los gradientes ambientales, puede proporcionar información útil para elaborar planes de control biológico de las larvas de mosquito.

Preguntas de investigación:

1. ¿Cuáles son las características físico-químicas del agua de los charcos paralelos al río Chimehuín que tienen larvas de mosquitos?
2. ¿Por qué algunos charcos no tienen mosquitos?
3. ¿Qué diferencias existen entre los parámetros físico-químicos del agua del río Chimehuín y de los charcos con mosquitos?

4. ¿Qué diferencias de macroinvertebrados se encuentran en el río Chimehuín y en los charcos paralelos que tienen larvas de mosquitos?
5. ¿Se encontrarán otras especies acuáticas de macroinvertebrados y vertebrados en los charcos con mosquitos?

Hipótesis:

H₁: Los charcos con mosquitos tienen mala calidad del agua como: turbidez alta y bajo tenor de oxígeno.

H₂: Los charcos con corriente de agua no tienen mosquitos.

H₃: El río Chimehuín tiene mejor calidad de agua que los charcos con mosquitos

H₄: En el río Chimehuín existe mayor diversidad de especies de macroinvertebrados que en los charcos con mosquitos.

H₅: En charcos con mosquitos solo se encontrarán especies tolerantes a baja calidad de agua.

Introducción y revisión de literatura:

Los mosquitos son insectos del orden Díptera (incluyen moscas, mosquitos, tábanos, etc).

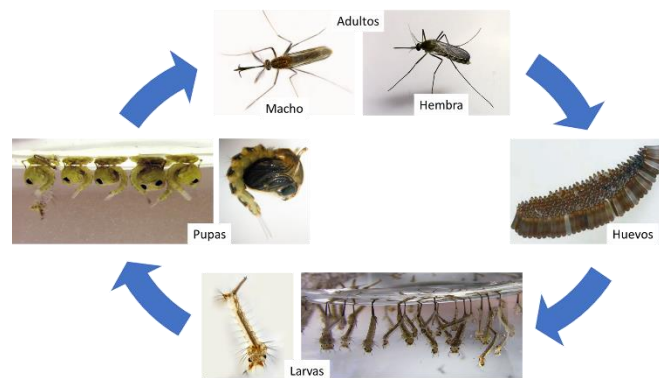


Fig.2. Ciclo de vida de los mosquitos. Fotos propias.

Tienen metamorfosis completa: huevo, larva, pupa y adulto. (Fig.2). Los huevos son colocados en el agua por las hembras. Las larvas suben a la superficie del agua a respirar utilizando el sifón. Las pupas son muy activas y respiran utilizando dos estructuras tubulares llamadas trompetas. (Fig.3) (Villacide & Masciocchi, 2013).



Fig.3. Estructuras respiratorias de larva y pupa de mosquito. Fotos propias.

El huevo eclosiona liberando una larva que, al crecer, muda varias veces desechando las exuvias (exoesqueleto). (Fig.4) La duración de la fase acuática y cada fase larval depende de la temperatura del agua. La larva del cuarto estadio se convierte en pupa. (Villacide & Masciocchi, 2013)



Fig.4. Diferentes estadios de larvas y pupas. Exuvias de larvas y pupas. Fotos propias.

El adulto emerge de la pupa en la superficie del agua, si las alas tocan el agua no tiene posibilidades de sobrevivir. (Fig.5)



Fig.5. Mosquito emergiendo de la pupa. Fotos propias.

Machos y hembras se alimentan de sustancias azucaradas de origen vegetal como néctar de flores, etc. que le aportan energía. Las hembras, además necesitan alimentarse de sangre (de aves y mamíferos) porque le proporciona los aminoácidos esenciales para el desarrollo de los huevos.

Tienen dimorfismo sexual. El aparato bucal de las hembras está especializado para la succión de sangre. (Fig.6) (SC Johnson, 2020; Villacide & Masciocchi, 2013)

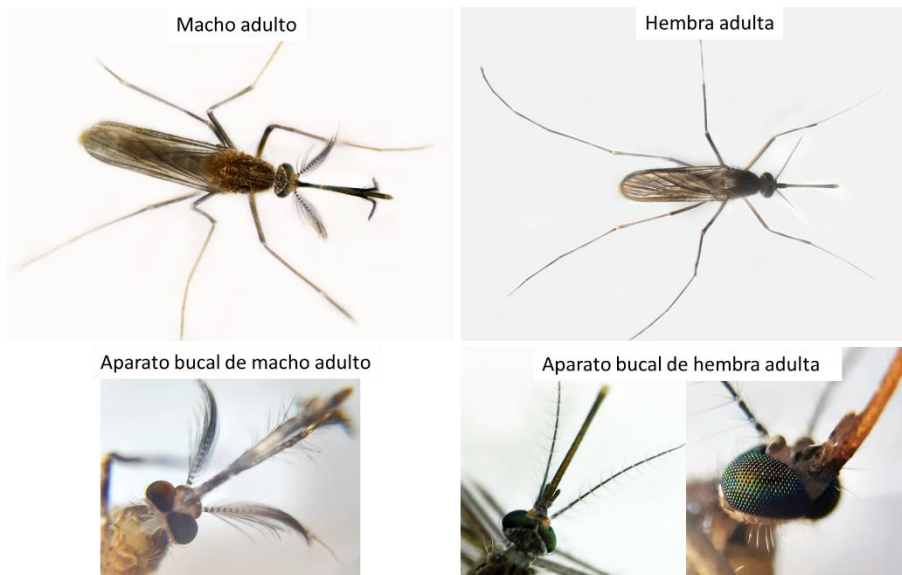


Fig.6. Mosquitos adultos del género *Culex*. Fotos propias.

Las larvas de mosquitos pueden desarrollarse en hábitats acuáticos diversos: desde muy pequeños y efímeros (axilas de bromelias, agujeros de árboles, pequeños charcos y recipientes utilizados por el hombre) a grandes y permanentes (Cuerpos de agua dulce o salinos, naturales o artificiales). Los hábitats artificiales se encuentran comúnmente en entornos urbanos y rurales (desagües, canales, huellas de animales, pozos poco profundos, etc.) (Juliano, 2009).

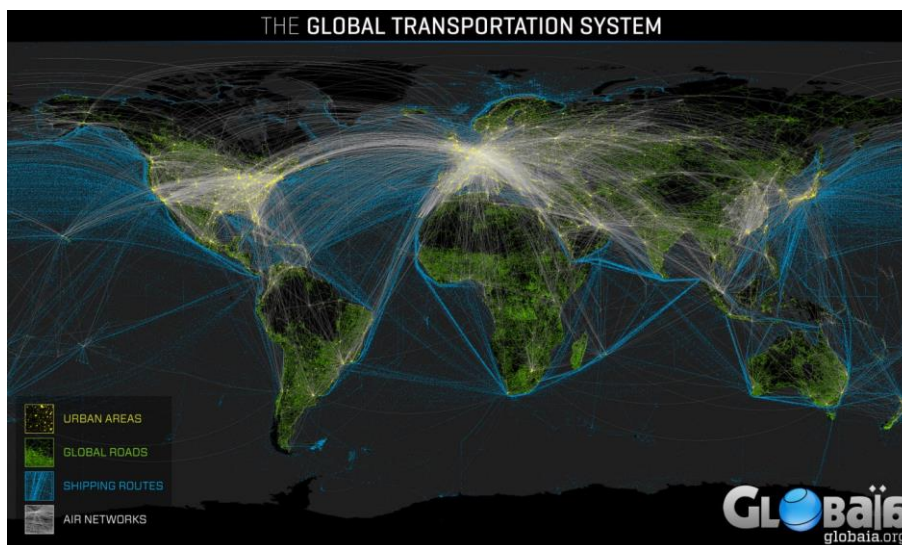


Fig.7. Sistema de transporte global. (Globaia, 2020)

Los mosquitos están distribuidos alrededor del mundo. En zonas con mayor temperatura y humedad, podemos encontrar, más diversidad de especies. La distribución está influenciada por: a) modificación de los hábitats y b) dispersión activa. Esta última es el desplazamiento que realiza el mosquito en busca de criaderos propicios. Algunas especies podrían volar hasta 300 km y vuelos de 9 horas (Huestis, et al., 2019). La modificación del hábitat, abarca más factores que

favorecen la dispersión; desde causas climáticas a la intervención antrópica. (Fig.7 y [Anexo 1](#)). La probabilidad de dispersión de mosquitos a escala global es muy alta debido al intenso transporte de personas y mercaderías. (Fig.7)

Algunos huevos de mosquitos pueden resistir la desecación y temperaturas extremas durante meses o hasta un año permitiéndoles aprovechar el transporte humano para la dispersión pasiva a largas distancias. Las condiciones climáticas, como temperatura, humedad y precipitaciones, afectan la disponibilidad de hábitats para colocar sus huevos, las tasas de reproducción y de supervivencia. Las regiones tropicales, donde se concentran las enfermedades transmitidas por mosquitos, tienen mayores temperaturas, precipitaciones y humedad que las latitudes medias y altas. Lo mismo ocurre con la altitud, a medida que ascendemos disminuye la temperatura.

Con el cambio climático se ha observado un aumento de la temperatura media global que está provocando cambios en los patrones climáticos de diferentes regiones y aumento de la frecuencia de eventos extremos (IPCC, 2013) que pueden afectar la distribución y abundancia (Fig.8) de los mosquitos o de los patógenos que transmiten. (Wu, et al., 2016).

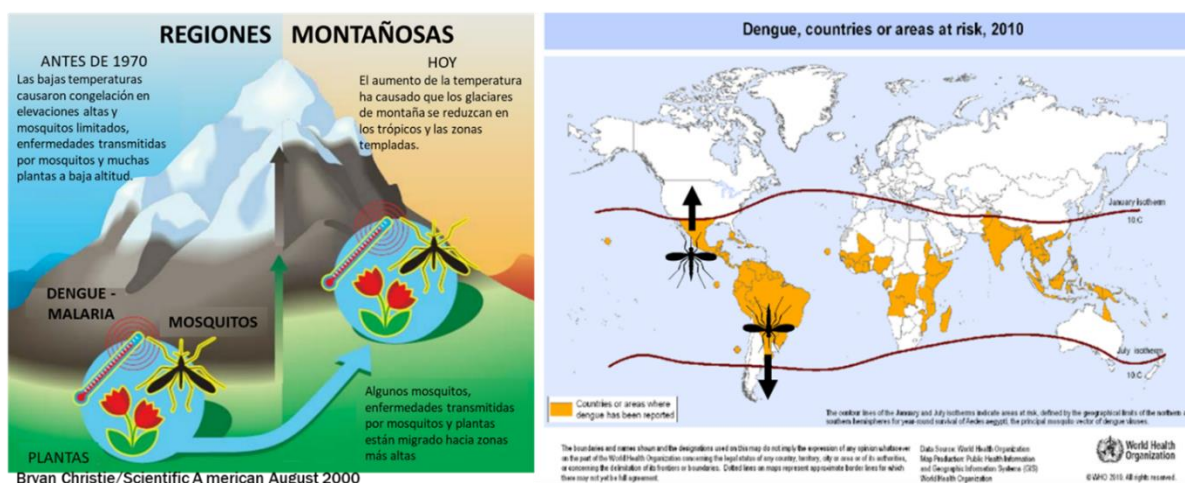


Fig.8. Posibles cambios en la distribución geográfica de mosquitos debido al cambio climático.

Los mosquitos necesitan un cierto rango de temperatura para sobrevivir y desarrollarse. Por ejemplo, máximas de 22–23 °C y mínimas de 25–26 °C son los dos umbrales para el desarrollo de mosquitos que transmiten el Virus de la Encefalitis Japonesa (Mellor and Leake, 2000).

Materiales y métodos de investigación:

La ciudad de Junín de los Andes se encuentra en la región de la Patagonia Argentina (Fig.9) en una zona de transición entre el bosque al Oeste en la Cordillera de los Andes y la estepa al Este. La región tiene un clima templado a templada frío. Los Andes imponen una barrera importante para las masas de aire húmedo que provienen del Océano Pacífico, lo que resulta en un fuerte gradiente de precipitación oeste-este en el lado argentino. La precipitación se concentra principalmente en los meses de invierno y la parte central de la Patagonia recibe menos de 200 mm. La topografía y el viento influyen en la temperatura del aire. Los vientos predominantes son del Oeste y persisten durante todo el año. (Meteoblue, 2020; Paruelo, et.al, 1998)

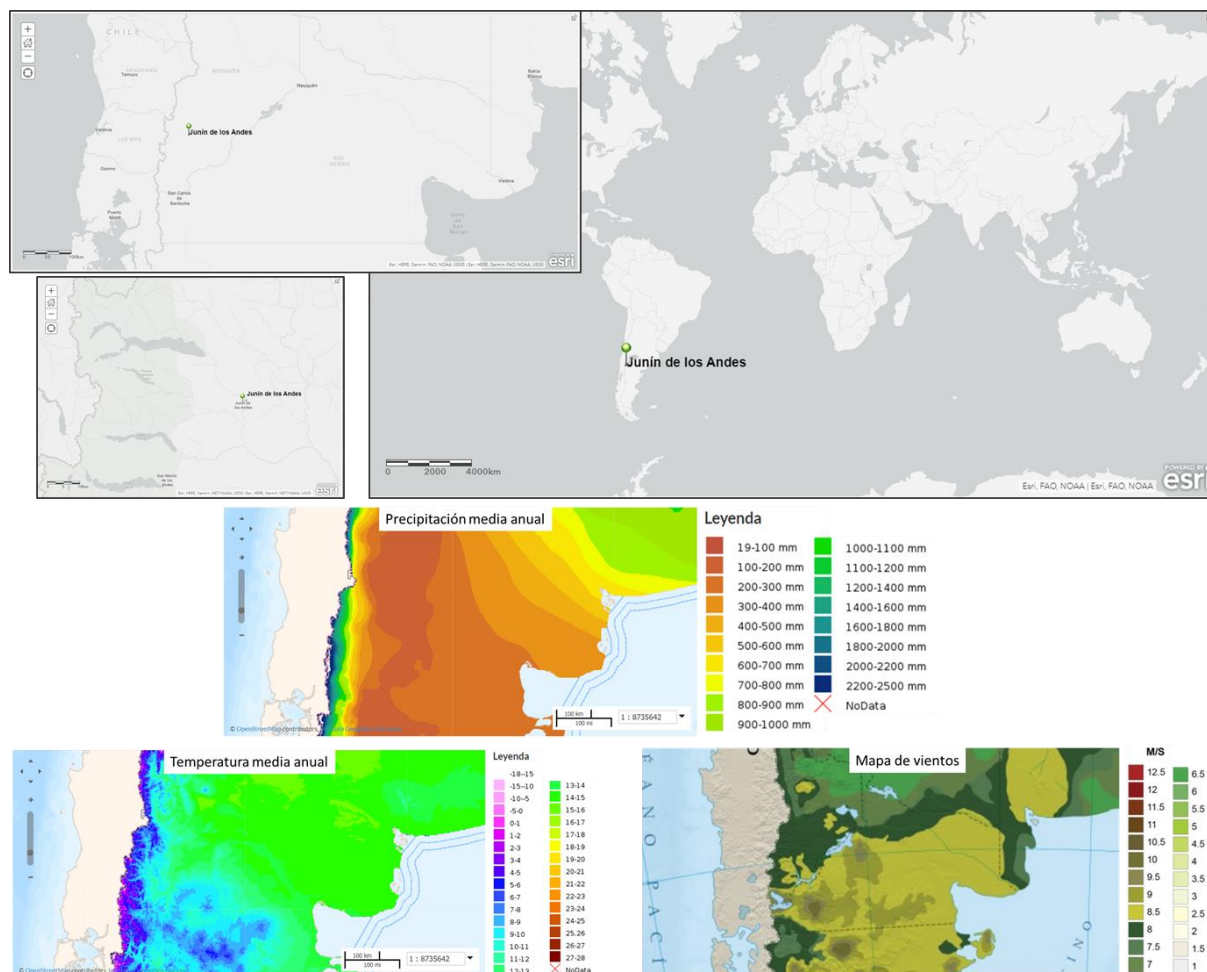


Fig.9. Localización de Junín de los Andes. Mapa de temperaturas y precipitación media anual (IDESIA, 2017). Mapa de vientos (Educ.ar y Fundación YPF, 2015).

Se realizaron muestreos en los alrededores de la ciudad de Junín de los Andes, Argentina en diferentes sitios, (Fig.10) donde había pequeños cuerpos de agua estancada paralelos al río Chimehuín. También se colocaron trampas con cebos para mosquitos con la finalidad de que las hembras coloquen sus huevos allí.

El período de muestreo fue de diciembre 2019 a marzo 2020. Se realizaron análisis físico-químicos de calidad del agua (temperatura, pH, alcalinidad, turbidez, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y nitratos) en los charcos con mosquitos y en el río Chimehuín cerca de cada charco. Además, en los sitios muestreados se identificaron los macroinvertebrados presentes. (Figs. 11 y 12)

Para los análisis físico-químicos del agua se utilizaron los kits marca LaMotte para determinar: a) pH, turbidez y temperatura (kit utilizado en World Water Monitoring Challenge); b) Alcalinidad Test Kit Code: 4491-DR-01; c) Oxígeno disuelto Test Kit. Code: 5860-01 y d) Nitratos Test Kit. Code: 3615-01.

Para la metodología de muestreo e identificación se utilizaron los protocolos de Hidrosfera y de Biósfera: Clasificación de Cobertura Terrestre del Programa GLOBE. También la aplicación GLOBE Observer-Mosquito y GLOBE Observer – Land Cover: Adopt a Pixel (NASA-GLOBE,

2017). Para clasificar la cobertura terrestre se utilizó el Código MUC (Modified UNESCO Classification). (The GLOBE Program, 2000)

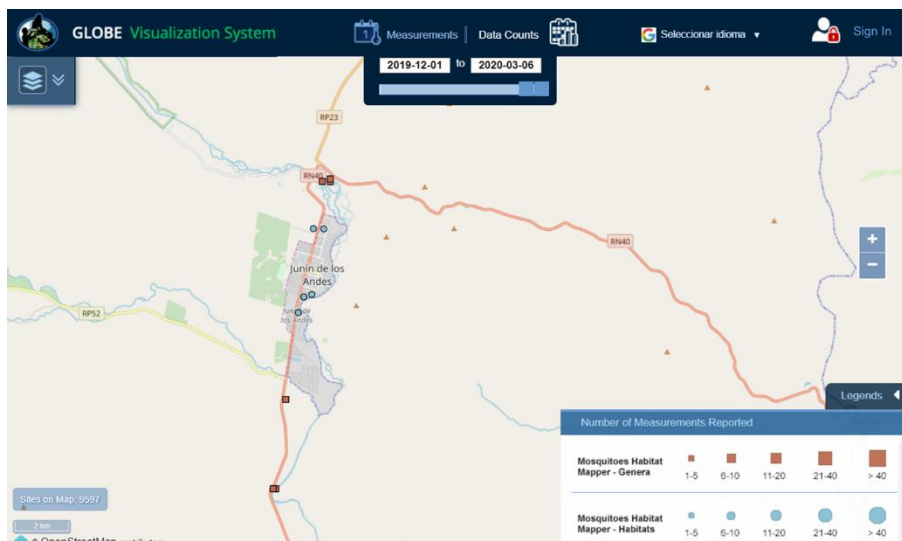


Fig. 10. Localización de Junín de los Andes, de los sitios muestreados y de los sitios con mosquitos.

Las muestras fueron procesadas para realizar el conteo de mosquitos e identificar el género. Algunas pupas se conservaron hasta que emergieron los adultos para identificarlos y realizar un registro fotográfico.

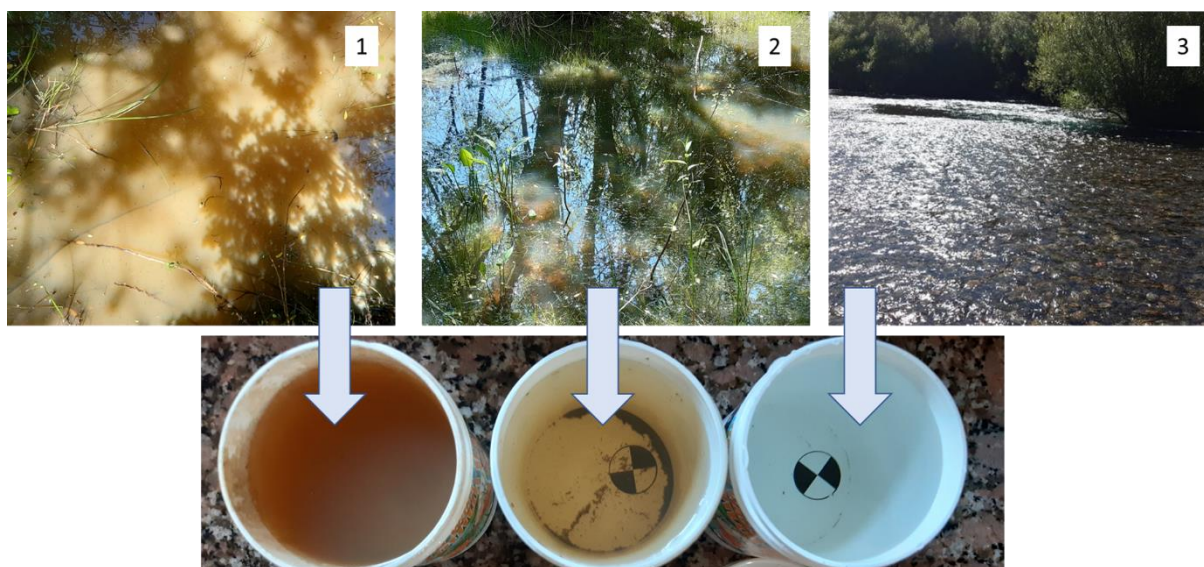


Fig. 11. Hábitats naturales: 1) Charco con mosquitos, 2) Charco con características similares pero sin mosquitos, 3) Río Chimehuín. Imagen inferior: diferencias de turbidez entre los charcos y el río.

Los datos climáticos históricos de Junín de los Andes y los datos meteorológicos del período de muestreo fueron obtenidos del sitio web Meteoblue. (Meteoblue, 2020).

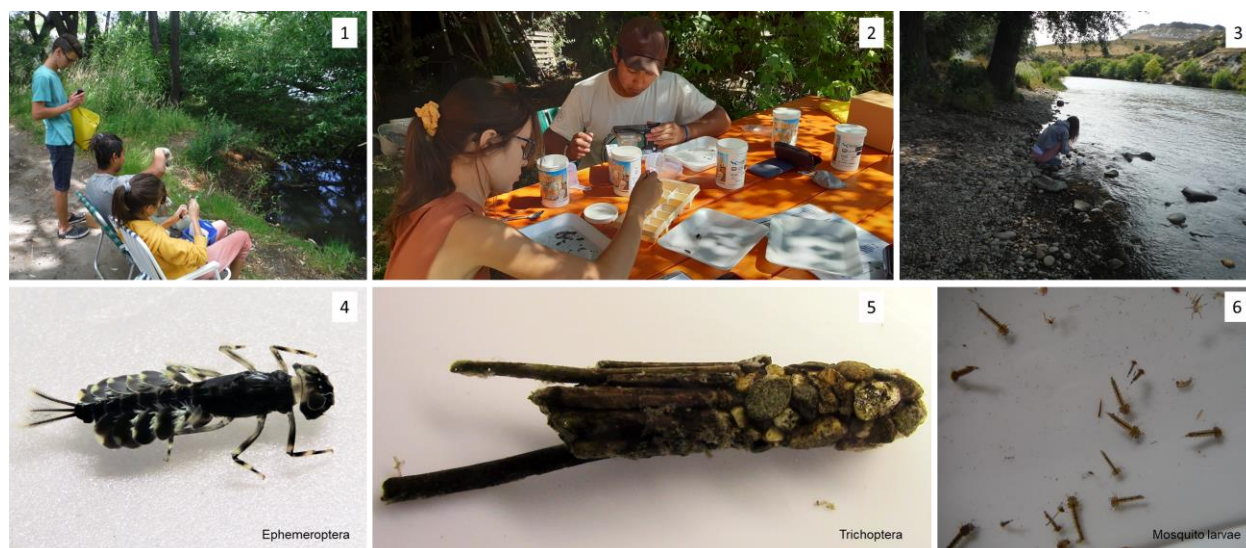


Fig. 12. Análisis de calidad de agua de charco (1), procesamiento de muestras de macroinvertebrados (2), muestreo de agua en el río Chimehuín (3), macroinvertebrados de río (4 y 5) y larvas de mosquitos (6).

Se colocaron trampas para mosquitos con agua, dos tipos de cebos: a) levadura y b) cáscaras de remolacha molida, en ambos casos mezcladas con agua. Las trampas se confeccionaron siguiendo la metodología utilizada por Melo, et al., 2020 y se colocaron en ambientes urbanos y en áreas cercanas a charcos donde había mosquitos. (Fig. 13)



Fig. 13. Localización y tipo de trampas para captura de larvas de mosquito.

Para comparar todos los sitios de muestreo de calidad de agua se utilizaron gráficos de barra, gráficos de caja y caras de Chernoff (Chernoff, 1973) que utiliza rostros humanos para representar puntos en k dimensiones. (Ver [Anexo 2](#))

Se utilizó el test-T para establecer diferencias de medias aritméticas entre la calidad del agua del río Chimehuín y los charcos paralelos. Previamente se aplicaron los test de normalidad de Liliefors y de homogeneidad de la varianza de Levene. El software STATISTICA se utilizó para para aplicar los test y para graficar los rostros Chernoff.

Resultados:

Se recolectaron un total de 1221 larvas en charcos de origen natural paralelos al río Chimehuín. La mayor parte de los charcos encontrados no contenían larvas de mosquitos. (Fig.10). En todas las muestras de larvas y pupas de mosquitos de los diferentes charcos sólo se encontró el género *Culex*. (Fig.14)

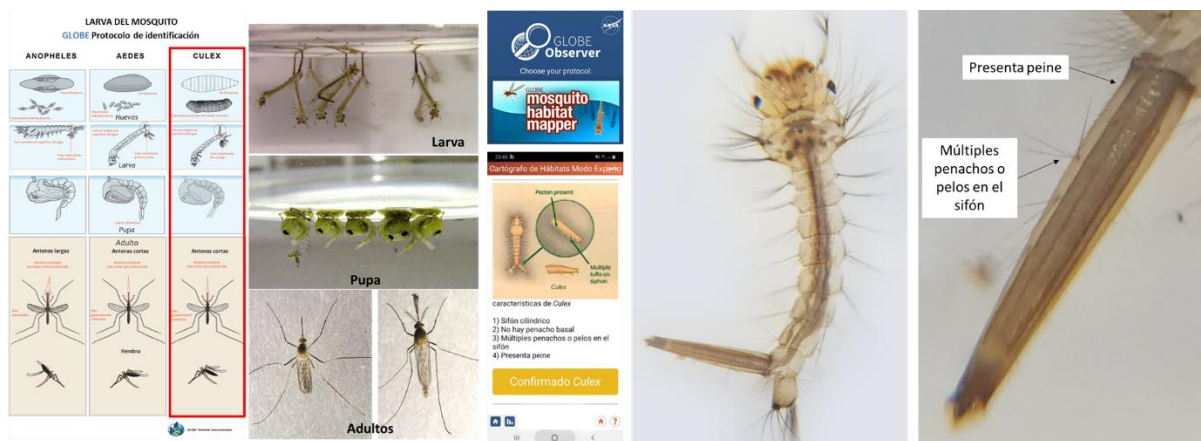


Fig. 14. Identificación del género de las larvas y pupas de mosquito.

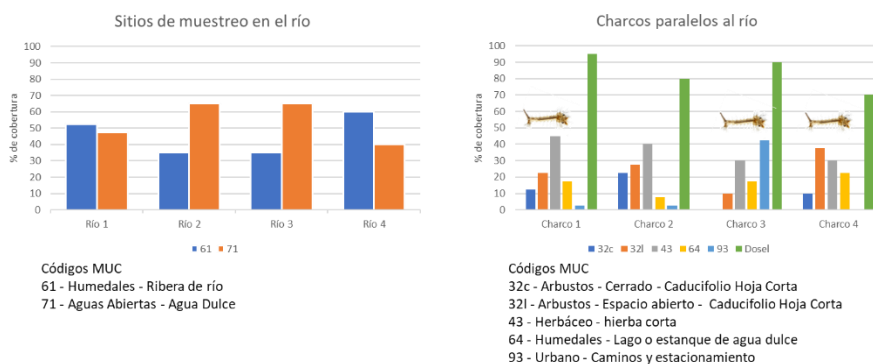


Fig. 15 Caracterización de la cobertura terrestre en los sitios de muestreo.

La topografía de Junín de los Andes, con montañas y pendientes dificultan la formación de charcos en la ciudad. Las lluvias disminuyen considerablemente en primavera y verano. El total de lluvias durante el período de muestreo fue de 8 mm. El promedio de temperatura fue de 24°C con máxima de 33°C y mínima 0°C. La humedad relativa ambiente osciló entre 50 y 60%, alrededor del 35% de los días estuvo nublado a parcialmente nublado. La velocidad del viento osciló entre 10 y 25 Km/h con ráfagas máximas de 45 km/h. (Meteoblue, 2020)

La cobertura terrestre fue similar en todos los sitios de muestreo en el río. Los charcos presentaban buena cobertura de dosel (entre 80 y 90%) que aportaba sombra la mayor parte del día. Cobertura herbácea entre el 30 y 40% y arbustos en algunos sitios cerrados y en otros abiertos que sumados alcanzan un promedio de 40%. (Fig.15).

Tabla 3. Resultados de los análisis físico-químicos en los sitios de muestreo.

Sitio	Temperatura °C	pH	Oxígeno disuelto (mg/l)	Turbidez (JTU)	Alcalinidad (mg/l)	Conductividad (µS)	Nitratos (mg/l)
Sitio 1 Río	17,5	8	7,3	0	20	50	0
Sitio 1 Charco	16,8	7	2	100	60	130	0
Sitio 2 Río	13,8	6	8,5	0	22	50	0
Sitio 2 Charco	18	6	2,2	40	40	70	0
Sitio 3 Río	17	7	7,7	0	24	50	0
Sitio 3 Charco	13,7	6	4	100	38	100	0
Sitio 4 Río	17,4	7	8	0	24	60	0
Sitio 4 Charco	15,3	7	2,4	40	96	250	0
Media - Río	16,43	7,00	7,88	0,00	22,50	52,50	0,00
DS - Río	1,76	0,82	0,51	0,00	1,91	5,00	0,00
Media - Charcos	15,95	6,50	2,65	70,00	58,50	137,50	0,00
DS - Charcos	1,86	0,58	0,91	34,64	26,90	78,90	0,00

Los datos (Tabla 3 y Fig.16) muestran una marcada diferencia entre la calidad del agua del río y la de los charcos. Estos charcos se forman a medida que disminuye el caudal del río Chimehuín. La temperatura, pH y nitratos es similar. No se detectaron nitratos en ninguna de las muestras.

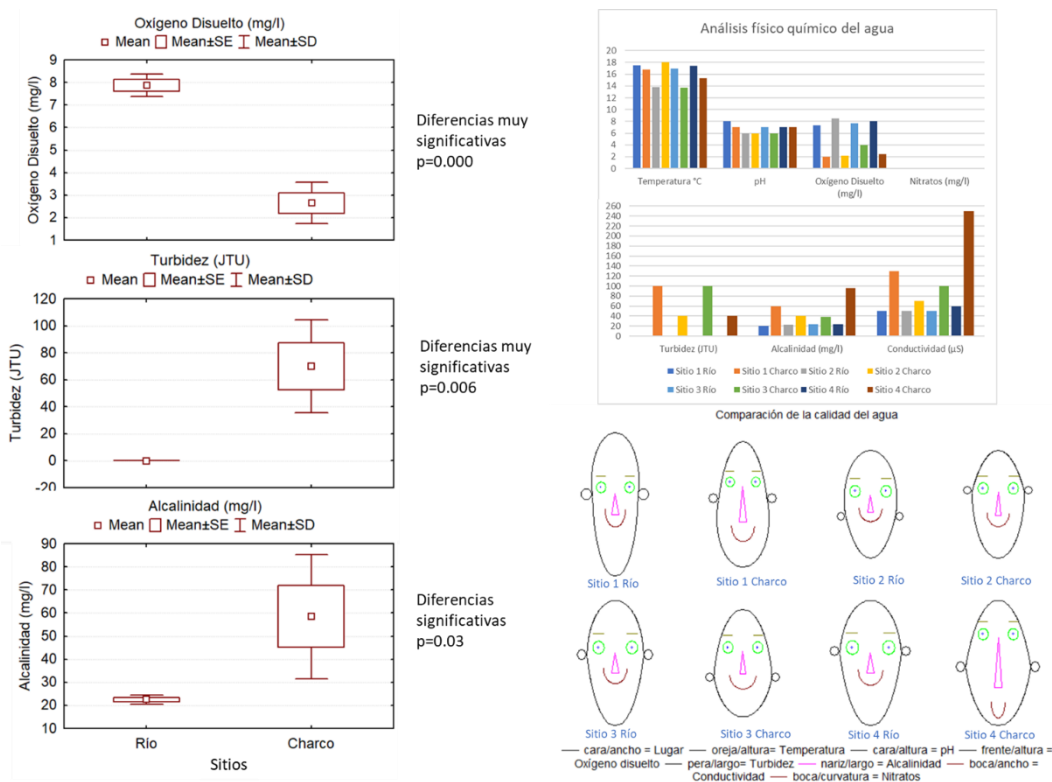


Fig. 16. Calidad del agua en los sitios de muestreo.

Las mayores diferencias en la calidad del agua entre el río y los charcos se registraron en: oxígeno disuelto, turbidez, alcalinidad y conductividad. El test-t mostró diferencias muy significativas $p < 0,01$ para oxígeno disuelto (río: 7,88 mg/l \pm 0,51; charcos: 2,65 mg/l \pm 0,91) y

turbidez (río: 0 JTU; charcos: 70 JTU \pm 34,64). Las diferencias fueron significativas $p < 0,05$ para alcalinidad (río: 22,5 mg/l \pm 1,91; charcos: 58,5 mg/l \pm 26,9 mg/l).

En la conductividad se registraron diferencias (río: 52,50 μ S \pm 5; charcos: 137 μ S \pm 78,9) pero éstas no fueron estadísticamente significativas.

La comparación entre los sitios muestreados en el río registra valores similares en todos los casos. En el caso de los charcos el oxígeno es siempre bajo, pero los parámetros alcalinidad y conductividad muestran mayor variación. La turbidez presenta leves variaciones entre los charcos. (Tabla 3 y Fig.16)

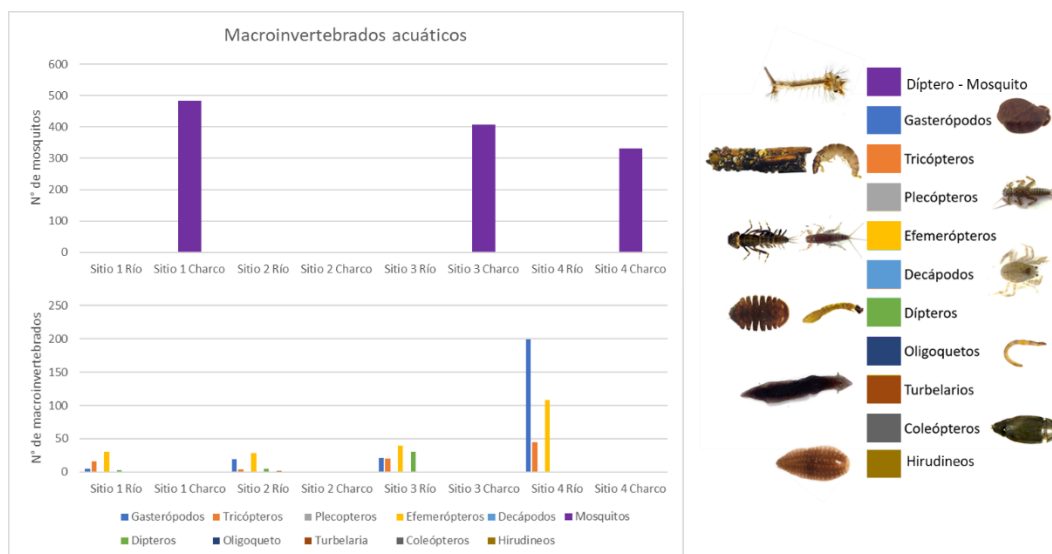


Fig.17. Macroinvertebrados acuáticos en los sitios de muestreo.

El charco 2 tenía características muy similares al resto y una muy pequeña corriente de agua que lo conectaba con y con el río. En este charco no se encontraron larvas de mosquito. Los demás charcos con mosquitos eran cerrados y temporarios. En el resto de los charcos se encontraron pupas y larvas de mosquito en distintos estados de desarrollo conviviendo con anfípodos en densidades aproximadamente similares. No se observó ningún otro tipo de macroinvertebrados acuáticos como tampoco pequeños vertebrados.

En los sitios de muestreo en el río se encontró mayor diversidad de macroinvertebrados acuáticos, pero no se encontraron larvas o pupas de mosquito. (Fig.17). Se destaca el sitio 4 con gran cantidad de gasterópodos. Este sitio se encuentra a 7 km de la descarga de cloacas que provoca variaciones en la calidad del agua. (Pepe, et.al, 2018)

En el río se encontraron especies sensibles a cambios en la calidad del agua como los efemerópteros (que son el taxón dominante en la mayoría de los sitios muestreados), plecópteros y tricópteros. Solo en un sitio el taxón dominante son los gasterópodos (que tienen mayor tolerancia a los cambios en la calidad del agua). (Pepe, et.al, 2018) No se encontraron mosquitos en ninguna de las trampas.

Discusión:

Las bajas temperaturas de la región patagónica y la estación seca coincidente con la temporada de reproducción podrían ser limitantes para la supervivencia de los mosquitos. Durante el período de muestreo la temperatura mínima del aire registró valores cercanos a 0°C durante varias noches en forma coincidente con otros autores que registraron *Culex* en la Patagonia. (Grech, et.al, 2012, 2019; Burrioni, et.al, 2007, 2013; Rossi & Vezzani, 2011; Rossi, 2015; Darsie & Mitchell, 1985). Las bajas temperaturas no estarían limitando la reproducción de los mosquitos del género *Culex* como lo demostró Burrioni et.al, 2013 al registrar larvas en el extremo sur de la Patagonia en latitudes mayores a 50°S. Las temperaturas bajas tampoco son limitantes para *Aedes albifasciatus*, se lo ha registrado en ambientes patagónicos con temperaturas mínimas del aire de -12°C (Garzón, et.al, 2013) y también en la región de Magallanes en Chile (Carvajal, & Faúndez, 2018), al otro lado de la cordillera de los Andes, mostrando una respuesta adaptativa a diferentes condiciones de temperatura. (Garzón et.al, 2015)

Las condiciones áridas restringen la formación y permanencia de cuerpos de agua como también la acumulación de agua en contenedores artificiales limitando los hábitats de reproducción de mosquitos. En este estudio solo se encontraron larvas de mosquitos en algunos charcos paralelos al río que se forman al descender el caudal.

Las hembras de mosquito *Culex* eligen charcos con muy bajo nivel de oxígeno disuelto dado que pueden obtenerlo directamente del aire a través de las estructuras respiratorias como el sifón (en larvas) y las trompetas (en pupas). (Grech, et.al, 2019) Posiblemente esta condición limite el desarrollo de otras especies depredadoras de larvas. En los charcos con mosquitos solo se encontraron anfípodos prácticamente en la misma densidad.

Otra característica que podría limitar a potenciales macroinvertebrados depredadores de mosquitos es la alta turbidez, alcalinidad y conductividad del agua en los charcos. Ninguno de los macroinvertebrados encontrados en el río Chimehuín podrían sobrevivir a estas condiciones. El cambio climático podría influir en la distribución y abundancia de *Culex* en áreas frías como lo muestra el modelo desarrollado por (Chen, et.al, 2013) para Canadá y el IPCC, 2013 para diferentes regiones en el mundo. El virus del Nilo Occidental transmitido por mosquitos del género *Culex* podría extenderse hacia zonas consideradas extremas. (Epstein, 2001; Yu, et.al, 2018).

Las olas de frío o de calor influyen en la disponibilidad de sitios de reproducción y podrían afectar a zonas frías donde solo hay mosquitos en verano. (IPCC, 2013). Por ejemplo, en la ciudad de Buenos Aires se han documentado larvas de mosquito *Cx. Eduardoi* durante todo el año. (Fischer et al. 2000).

Según (Rossi & Vezzani, 2011) se conoce muy poco sobre los hábitats de mosquitos en la Patagonia y se necesitan mayor número de investigaciones para mejorar la comprensión de la supervivencia de mosquitos en condiciones extremas, para evaluar los riesgos de transmisión de enfermedades y mejorar las estrategias de control.

Conclusión:

El caudal del río Chimehuín disminuye en verano dejando charcos temporarios en sus riberas. Algunos de estos charcos son elegidos por las hembras para poner sus huevos. Los charcos con mosquitos se caracterizan por ser cerrados, efímeros, con alta turbidez, alcalinidad y conductividad. El contenido de oxígeno disuelto es muy bajo.

En los charcos con corriente de agua, aunque sea pequeña, no se encuentran larvas de mosquitos. Los valores de alcalinidad, turbidez y conductividad son levemente más bajos que en los charcos con mosquitos.

La calidad del agua del río Chimehuín es mejor que en los charcos cercanos que origina, donde se desarrollan las larvas de mosquitos. La diversidad de macroinvertebrados también es mayor en el río que en los charcos. En los charcos con larvas de mosquitos solo se encuentran anfípodos.

Los datos indican que las hembras de mosquito *Culex* estarían eligiendo ambientes críticos para otros macroinvertebrados que podrían depredarlos. Se recomienda realizar mayor número de investigaciones sobre las especies y hábitats de mosquitos en la Patagonia. Conocer las características de los hábitats puede ser útil para diseñar sistemas de control de larvas y mitigar efectos de desplazamientos de mosquitos debidos al cambio climático hacia zonas que hoy son extremas para su desarrollo.

Agradecimientos

Agradecemos al programa GLOBE, especialmente al Proyecto de Educación y Prevención de Zika, al programa de ciencia ciudadana GLOBE Mission Mosquito, al Institute for Global Environmental Strategies (IGES) por generar la plataforma de colaboración y consultas Basecamp MHM IVSS Collaboration. También agradecemos a los desarrolladores de la aplicación GLOBE Observer: Mosquito y GLOBE Observer: Land Cover que nos permitió la recopilación de gran cantidad de datos registrándolos en forma sencilla.

Agradecemos a Dr. Dorian Janney, Dr. Cassie Soeffing, Dr. Rusty Low por los webinar realizados que nos permitió conocer diferentes aspectos de la ecología de los mosquitos y por responder múltiples consultas y discusión de los datos obtenidos. Por último, también agradecemos a nuestro mentor de Argentina el Dr. Ricardo Chrobak, del Doctorado en Enseñanza de Ciencias Exactas y Naturales por ayudarnos en la elaboración del informe de investigación.

Bibliografía/Citas:

Anderson MT, Kiesecker JM, Chivers DP, Blaustein AR (2001) The direct and indirect effects of temperature on a predator–prey relationship. *Can J Zool* 79:1834–1841

Berón, C. M., Campos, R. E., Díaz Nieto, L., Schweigmann, N., Salomón, O. D., & Gleiser, R. M. (2016). Investigaciones sobre mosquitos de Argentina. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.

Bissinger, B. W., Schmidt, J. P., Owens, J. J., Mitchell, S. M., & Kennedy, M. K. (2014). Performance of the plant-based repellent TT-4302 against mosquitoes in the laboratory and field and comparative efficacy to 16 mosquito repellents against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of medical entomology*, 51(2), 392-399.

Blasberg, M., Goos, H., & Hackenbroch, V. (2016). *Aedes Aegypti* Mosquito Is World's Most Dangerous Animal. *SPIEGEL ONLINE*.

- Burroni, N. E., Loetti, M. V., Marinone, M. C., Freire, M. G., & Schweigmann, N. (2013). Larval habitat of *Ochlerotatus albifasciatus* (Diptera: Culicidae) in the southern edge of the Americas, Tierra del Fuego Island. *Open Journal of Animal Sciences*, 3(4A), 5-10.
- Burroni, N., Loetti, V., Freire, G., Jensen, O., & Schweigmann, N. (2007). New record and larval habitats of *Culex eduardoi* (Diptera: Culicidae) in an irrigated area of Patagonia, Chubut Province, Argentina. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 102(2), 237-240.
- Campos RE, Maciá A. 1998. Culicidae. En: Morrone JJ, Coscarón S, eds. Biodiversidad de artrópodos argentinos. Una perspectiva biotaxonómica. Ediciones SUR. La Plata. Argentina. pp. 291-303.
- Carvajal, M. A., & Faúndez, E. I. (2018). First record of *Aedes albifasciatus* in Magallanes region, Chile. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 34(2), 117-119.
- Chen, C. C., Jenkins, E., Epp, T., Waldner, C., Curry, P. S., & Soos, C. (2013). Climate change and West Nile virus in a highly endemic region of North America. *International journal of environmental research and public health*, 10(7), 3052-3071.
- Chernoff, H. (1973). The use of faces to represent points in k-dimensional space graphically. *Journal of the American Statistical Association*, 68(342), 361-368
- Darsie RF, Mitchell CJ. 1985. The mosquitoes of Argentina. Parts I and II. *Mosq Syst.* 17: 163-334.
- Dida, G. O., Gelder, F. B., Anyona, D. N., Abuom, P. O., Onyuka, J. O., Matano, A. S., Samson, O. A., Canisius, K. K., Philip, O. O., Collins, O. & Ofulla, A. V. (2015). Presence and distribution of mosquito larvae predators and factors influencing their abundance along the Mara River, Kenya and Tanzania. *SpringerPlus*, 4(1), 136.
- Educ.ar y Fundación YPF. (2015). Mapa de vientos - Energías de mi País. Retrieved 5 March 2020, from <http://energiasdemipais.educ.ar/fuentes-de-energia-potencial/energia-eolica/>
- Epstein, P. R. (2001). West Nile virus and the climate. *Journal of Urban Health*, 78(2), 367-371.
- Fischer, S., Marinone, M. C., Fontanarrosa, M. S., Nieves, M., & Schweigmann, N. (2000). Urban rain pools: seasonal dynamics and entomofauna in a park of Buenos Aires. *Hydrobiologia*, 441(1), 45-53.
- Garzón, M. J., & Schweigmann, N. (2015). Thermal response in pre-imaginal biology of *Ochlerotatus albifasciatus* from two different climatic regions. *Medical and veterinary entomology*, 29(4), 380-386.
- Garzón, M. J., Jensen, O., & Schweigmann, N. (2013). Resistance to freezing temperatures in *Aedes* (*Ochlerotatus*) *albifasciatus* (Macquart) eggs (Diptera: Culicidae) from two different climatic regions of Argentina. *Journal of Vector Ecology*, 38(2), 339-344.

Grech, M., Manzo, L., Epele, L., Laurito, M., Claverie, A., & Ludueña-Almeida, F. et al. (2019). Mosquito (Diptera: Culicidae) larval ecology in natural habitats in the cold temperate Patagonia region of Argentina. *Parasites & Vectors*, 12(1).

Grech, M., Visintin, A., Laurito, M., Estallo, E., Lorenzo, P., & Roccia, I. et al. (2012). New records of mosquito species (Diptera: Culicidae) from Neuquén and La Rioja provinces, Argentina. *Revista De Saúde Pública*, 46(2), 387-389.

Harvell, C. D., Mitchell, C. E., Ward, J. R., Altizer, S., Dobson, A. P., Ostfeld, R. S., & Samuel, M. D. (2002). Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science*, 296(5576), 2158-2162.

Huestis, D. L., Dao, A., Diallo, M., Sanogo, Z. L., Samake, D., Yaro, A. S., Ousman, Y., Linton, Y. M., Krishna, A., Veru, L., Krajacich, B. J., Faiman, R., Florio, J., Chapman, J. W., Reynolds, D. R., Weetman, D., Mitchell, R., Donnelly, M. J., Talamas, E., Chamorro, L., Strobach, E & Lehmann, T. (2019). Windborne long-distance migration of malaria mosquitoes in the Sahel. *Nature*, 574(7778), 404-408.

IDESA. (2017). Explora Mapas - GeoNode. Retrieved 5 March 2020, from <http://geoportal.idesa.gob.ar/maps/?limit=100&offset=0>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group 1 (WG1) Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 5th Assessment Report (AR5). Cambridge University Press, United Kingdom and New York.

Juliano, S. A. (2009). Species interactions among larval mosquitoes: context dependence across habitat gradients. *Annual review of entomology*, 54, 37-56.

Lam, S. K., Burke, D., Gubler, D., Méndez-Gálvan, J., & Thomas, L. (2012). Call for a world dengue day. *The Lancet*, 379(9814), 411-412.

Mellor, P. S., & Leake, C. J. (2000). Climatic and geographic influences on arboviral infections and vectors. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, 19(1), 41-48.

Melo, N., Wolff, G. H., Costa-da-Silva, A. L., Arribas, R., Triana, M. F., Gugger, M., ... & Stensmyr, M. C. (2020). Geosmin attracts *Aedes aegypti* mosquitoes to oviposition sites. *Current Biology*, 30(1), 127-134.

Meteoblue. (2020). Climate Junín de los Andes. Available from <https://bit.ly/2OX0UfO>

National Aeronautics and Space Administration. (2017) The Globe Program. GLOBE Observer: Mosquito hábitat mapper. Available from <https://observer.globe.gov/toolkit/mosquito-habitat-mapper-toolkit>.

National Aeronautics and Space Administration. (2017) The Globe Program. Mosquito protocol. Available from <https://bit.ly/2Vv1QdQ>

Paruelo, J. M., Beltrán, A., Jobbágy, E., Sala, O. E., & Golluscio, R. A. (1998). The climate of Patagonia: general patterns and controls on biotic processes. *Ecología Austral*, 8(02), 085-101.

Pepe, M.; Martínez, L.; Wehinger, J. and Prieto, A.B. (2018) Aquatic macroinvertebrates and their importance as water quality bioindicators in the Chimehuín River, Patagonia, Argentina. *GLOBE Learning Expedition (GLE)*. Killarney, Ireland. July, 1 – 6, 2018. The GLOBE Program <http://www.globe.gov>

Rossi, G. C. (2015). Annotated checklist, distribution, and taxonomic bibliography of the mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) of Argentina. *Check List* 11(4):1-15

Rossi, G. C., & Vezzani, D. (2011). An update of mosquitoes of Argentine Patagonia with new distribution records. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 27(2), 93-98.

SC Johnson. (2020). 5 Datos Sorprendentes Sobre Los Mosquitos | OFF!® Repelente. Retrieved 4 March 2020, from <https://off.com.ar/es-ar/education/insects-101/5-surprising-facts-about-mosquitoes>

StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com

The GLOBE Program. (2000) MUC Field Guide. A Key to Land Cover Classification. Retrieved 1 January 2020. <https://bit.ly/337NKUx>

Villacide, J. M., & Masciocchi, M. (2013). Mosquitos. *Serie de divulgación sobre insectos de importancia ecológica, económica y sanitaria*. INTA cuadernillo 8 (2013).

Weetman, D., & Clarkson, C. S. (2015). Evolving the world's most dangerous animal. *Trends in parasitology*, 31(2), 39-40.

WHO. (2020). Mosquito-borne diseases. World Health Organization. Retrieved 13 February 2020, from https://www.who.int/neglected_diseases/vector_ecology/mosquito-borne-diseases/en/

Wu, X., Lu, Y., Zhou, S., Chen, L., & Xu, B. (2016). Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. *Environment international*, 86, 14-23.

Yu, D., Madras, N., & Zhu, H. (2018). Temperature-driven population abundance model for *Culex pipiens* and *Culex restuans* (Diptera: Culicidae). *Journal of theoretical biology*, 443, 28-38.

(Opcional) Insignia. Descripciones/Justificaciones:



Be a **Data Scientist / Científico de datos**

A partir de la experiencia de trabajos anteriores sobre mosquitos los estudiantes pudieron elaborar sus preguntas de investigación, diseñar y ejecutar el plan de investigación. Ellos tomaron sus muestras, realizaron análisis físico-químicos de calidad del agua e identificaron macroinvertebrados. Además, graficaron sus datos y aplicaron análisis estadístico para analizarlos y responder las preguntas de investigación. Las dudas fueron consultadas y discutidas con especialistas del Programa GLOBE, del Proyecto de Educación y Prevención de Zika, de NASA y del Institute for Global Environmental Strategies (IGES) a través de la plataforma

Basecamp MHM IVSS Collaboration. También realizaron sugerencias para futuras investigaciones. En síntesis, ellos pudieron trabajar como científicos de datos.



Be a **STEM Professional / Profesional STEM**

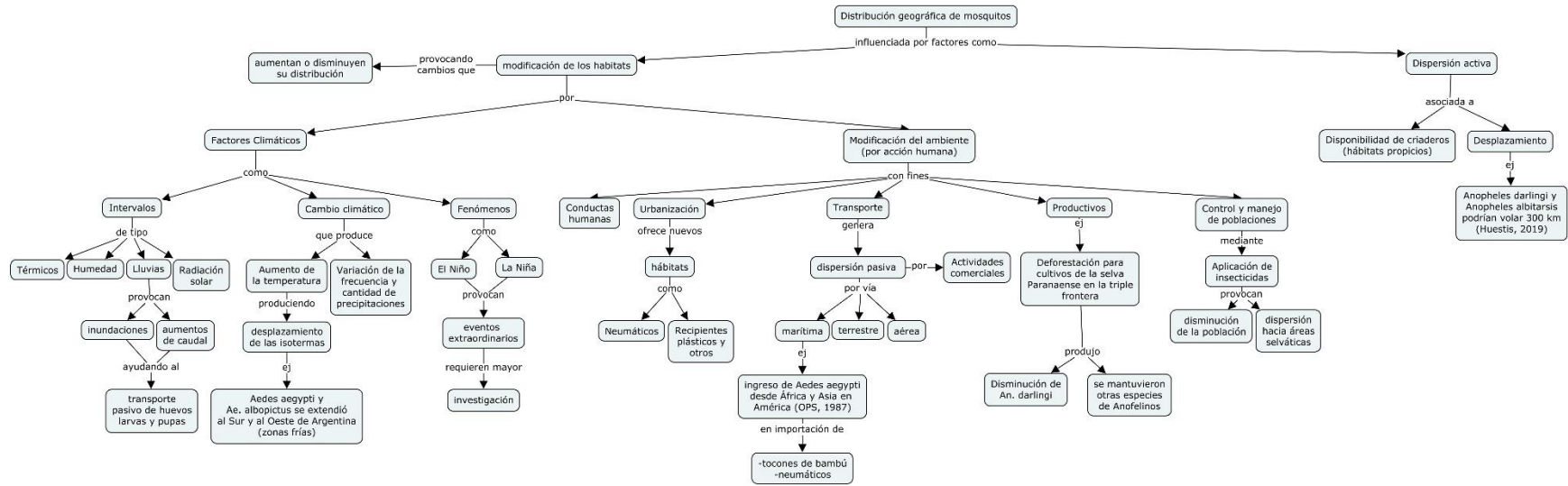
Gracias al trabajo con mentores STEM Programa GLOBE y Proyecto Zika, de NASA y de Institute for Global Environmental Strategies (IGES) y de la Universidad Nacional del Comahue los estudiantes mejoraron sus métodos de investigación, la precisión en la toma de datos, incluyeron mediciones de cobertura terrestre que los ayudó a complementar e interpretar mejor los datos obtenidos en los muestreos de mosquitos y calidad del agua. Además de redactar su reporte de investigación, también pudieron grabarlo en video.



Make an Impact / Hacer un impacto

El cambio climático está provocando disminución de las precipitaciones, en particular la nieve y aumentando las temperaturas. En la región de Patagonia existen muy pocas investigaciones sobre hábitat de mosquitos y se han registrado mosquitos en ambientes fuera de las áreas esperadas. Ayudar a comprender mejor los tipos de hábitats preferidos por los mosquitos hembra para depositar sus huevos puede ayudar a comunidad y a los científicos para diseñar sistemas de control de larvas y mitigar efectos de desplazamientos de mosquitos debidos al cambio climático hacia zonas que hoy son extremas para su desarrollo. Los estudiantes realizaron recomendaciones para futuras investigaciones.

Anexo 1: Mapa conceptual de la distribución geográfica de los mosquitos.



Anexo 2. Rostros Chernoff

Chernoff asigna a cada unidad de observación o casos, un rostro de manera que la posición, longitud y forma de cada componente facial (ojos, cejas, nariz, boca, orejas, pelo, etc.) refleja el comportamiento de una de las variables que intervienen en el estudio. La idea detrás del uso de caras es que los seres humanos reconocen fácilmente rostros y notan pequeños cambios sin dificultad. Cuando se consideran pocas variables, el rostro igual se dibuja completo; por lo tanto, debe prestarse especial atención a cuáles son las variables del rostro que están cambiando. Las caras se aplican a las situaciones en las que queremos encontrar patrones sistemáticos o grupos de observaciones, o cuando queremos explorar posibles relaciones complejas entre varias variables.

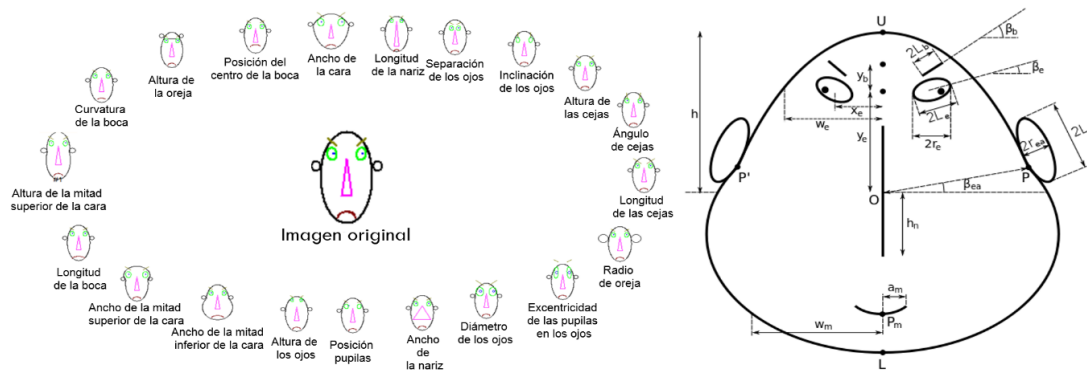


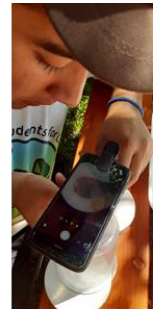
Fig. 1. Atributos faciales de los rostros de Chernoff (izquierda) y la relación de las variables de percepción de imagen con rasgos faciales (derecha).

[Versión en español](#)

Larval habitat characterization of *Culex* mosquitoes in parallel puddles along the Chimehuín River

Pepe, M.; Martínez, L. y Wehinger, J.

Teachers: Prieto, A; Pepe, J. y Sepúlveda, G.
Huechulafquen Science Club
Argentina



March 2020

Abstract:

Patagonia is characterized by mild to cold weather with a dry season during the summer season. These conditions impact the reproduction and survival of mosquitoes. Very little is known about the habitats chosen by females to lay their eggs in this region, where species have been recorded outside the expected limit. Climate change predicts an expansion of mosquitoes towards higher latitudes and altitudes. Questions: What are the physicochemical characteristics of the water in the puddles parallel to the Chimehuín River that have mosquito larvae? What differences exist between water quality and macroinvertebrates found in puddles and in the river? What other species live with mosquitoes in puddles? The objective was to characterize water quality and land cover in habitats with mosquito larvae in the city of Junín de los Andes. Methodology: The GLOBE Program hydrosphere and biosphere protocols and the GLOBE-Observer application were applied. Water quality analyzes and land cover measurements were performed. The T-test was applied to establish differences of means and the Chernoff faces to compare multiple parameters between sites. Traps were placed with mosquito baits. Oxygen, turbidity, alkalinity showed significant differences between the puddles and the river. The diversity of macroinvertebrates was greater in the river, in the puddles with mosquitoes only amphipods were found. Knowing the mosquito breeding habitats in Patagonia is important to understand the limiting factors, design control systems and mitigate the effects of displacement due to climate change. Similar studies are recommended in other cities to increase knowledge about habitat preferences.

Keywords: Mosquito - Culex - Patagonia - Habitat - Puddles

Table of Contents:

Abstract:	1
Research Question and Hypothesis:	1
Introduction and Review of Literature:	4
Research Methods and Materials:	7
Results:	11
Discussion:	14
Conclusion:	14
Acknowledgements:	15
Bibliography/Citations:	15

Research Question and Hypothesis:

More than 40 mosquito genera and about 3,500 species are known. In the Patagonia region of Argentina, only 15 species have been recorded. (Table 1) (Rossi & Vezzani, 2011; Rossi, 2015; Villacide & Masciocchi, 2013; Berón, et.al, 2016). The genera Anopheles, Aedes and Culex, have special relevance because they transmit dangerous diseases such as malaria, dengue fever and Chikungunya, West Nile virus and Zika virus. (NASA/The GLOBE Program, 2017) (Table 2)

Mosquitoes are considered the most dangerous animal in the world because of the number of deaths they cause each year (WHO, 2020; Weetman, et al., 2015; Blasberg, et al., 2016; Bissinger, et al., 2014).

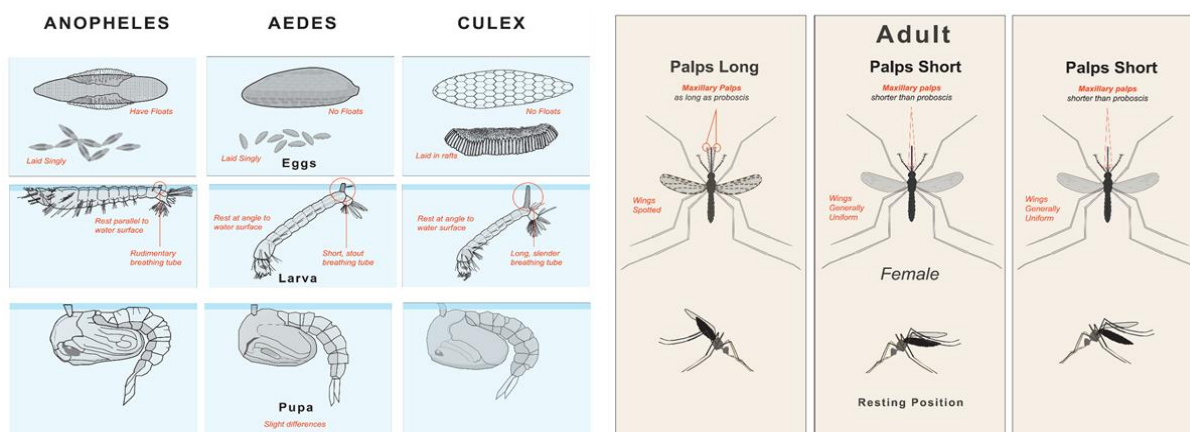


Fig. 1. Main differences between mosquito genus. Source: NASA/The GLOBE Program, 2017.

Mosquitoes (Fig.1) cause several diseases because they are vectors of viruses, bacteria and parasites. The global incidence of dengue has multiplied by 30 in the last 30 years (Lam, et al., 2012), and more countries are reporting their first outbreaks of the disease. Zika, dengue, chikungunya and yellow fever are transmitted to humans by the *Aedes aegypti* mosquito. Due to the distribution of people in the world, it is estimated that more than half of the world's population lives in areas where the *Aedes* mosquito is present. (Table 2).

Table 1. Mosquito species cited in the Patagonia region.

Number	Species	Cited (1985) Darsie & Mitchell	Cited (1998) Campos & Maciá	Cited (2015) Rossi
1	<i>Ae. (Och.) albifasciatus</i>	x		
2	<i>Ae. (Och.) scapularis</i>	x		
3	<i>Ae. (Och.) serratus</i>	x		
4	<i>Cx. (Alm.) tramazayguesi</i>	x		
5	<i>Cx. (Cux.) acharistus</i>	x	x	
6	<i>Cx. (Cux.) apicinus</i>			x
7	<i>Cx. (Cux.) articularis</i>	x		x
8	<i>Cx. (Cux.) brethesi</i>			x
9	<i>Cx. (Cux.) coronator</i>			x
10	<i>Cx. (Cux.) dolosus</i>	x	x	
11	<i>Cx. (Cux.) eduardoi</i>			x
12	<i>Cx. (Cux.) pipiens</i>	x		
13	<i>Cx. (Cux.) spinosus</i>	x		
14	<i>Cx. (Phy.) castroi</i>			x
15	<i>Or. peytoni</i>			x

Table 2. Main diseases transmitted by mosquitoes

Genus of mosquitoes	Transmitted diseases	
Aedes	Chikungunya Dengue Lymphatic filariasis Rift Valley fever Yellow fever Zika	Dirofilaria immitis Fever of the Ross River Barmah Forest virus La Crosse encephalitis Keystone virus
Anopheles	Malaria or Malaria Lymphatic filariasis Dirofilaria immitis	
Culex	Japanese encephalitis Lymphatic filariasis West Nile fever Dirofilaria immitis	Encephalitis of Saint Louis Western equine encephalitis virus Fever of the Ross River Barmah Forest virus
Psorophora	Dirofilaria immitis	
Mansonia	Dirofilaria immitis	
Culiseta	Western equine encephalitis virus Eastern equine encephalitis virus	

Recent studies have found that some vector-borne human infectious diseases, such as malaria, yellow fever and dengue fever have been distributed to a wider range (Harvell et al., 2002) and in 2012 the presence of *Aedes aegypti* in the city of Neuquén (North Patagonia region) extending south of its previously reported limit. (Grech, et.al, 2012, 2019). *Cx* larvae have been registered in the city of Buenos Aires and in southern Brazil. *Eduardo* throughout the year and in 2007 they were in the province of Santa Cruz, at 45 ° South latitude, reflecting an adaptive response to a wide range of thermal conditions, according to Burrioni, et.al, 2007.

According to Grech, et.al, 2019 in the Patagonia region from cold to temperate climate, located in South America (36–55 ° S), a detailed understanding of the ecology of mosquito larvae is still lacking. For example, in the province of Tierra del Fuego (52–55 ° S) it is the southernmost area in the world where *Aedes albifasciatus* is permanently established.

Environmental factors, such as temperature, dissolved oxygen, conductivity and pH can affect the number of mosquito predatory macroinvertebrates and the larvae that are their prey (Dida, et al. 2015). These fluctuating abiotic factors affect predators and prey differentially (Anderson et al. 2001). Understanding the biological limits of mosquito species to abiotic factors, as well as the structure of their habitat in environmental gradients, can provide useful information to develop biological control plans for mosquito larvae.

Research Questions:

1. What are the physicochemical characteristics of water from puddles parallel to the Chimehuín River that have mosquito larvae?
2. Why do some puddles have no mosquitoes?
3. What differences exist between the physical-chemical parameters of the Chimehuín river water and the puddles with mosquitoes?

4. What macroinvertebrate differences are found in the Chimehuín River and in parallel puddles that have mosquito larvae?
5. Will other aquatic species of macroinvertebrates and vertebrates be found in puddles with mosquitoes?

Hypothesis:

H₁: Puddles with mosquitoes have poor water quality such as: high turbidity and low oxygen content.

H₂: Puddles with water current do not have mosquitoes.

H₃: The Chimehuín River has better water quality than puddles with mosquitoes

H₄: In the Chimehuín River there is a greater diversity of macroinvertebrate species than in the puddles with mosquitoes.

H₅: In puddles with mosquitoes only tolerant species with low water quality will be found.

Introduction and Review of Literature:

Mosquitoes are insects of the order Diptera (they include flies, mosquitoes, horseflies, etc).

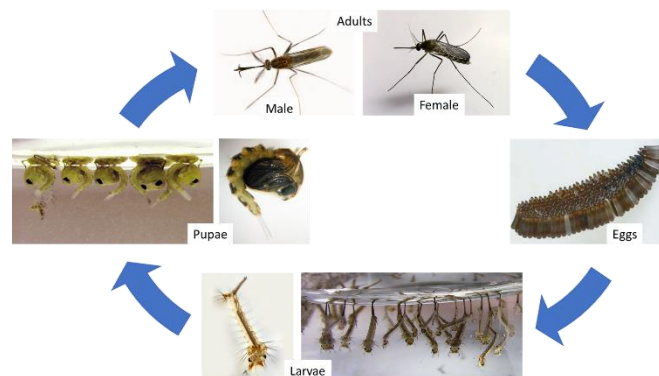


Fig.2. Life cycle of mosquitoes, genus Culex. Photos: research team.

They have complete metamorphosis: egg, larva, pupa and adult. (Fig. 2). The eggs are placed in the water by the females. The larvae rise to the surface of the water to breathe using the siphon. Pupae are very active and breathe using two tubular structures called trumpets. (Fig. 3) (Villacide & Masciocchi, 2013).

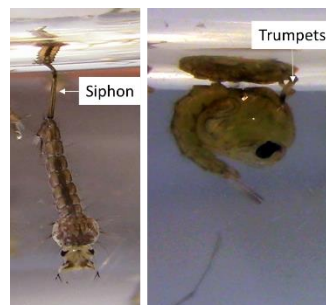


Fig.3. Respiratory structures of larva and mosquito pupa. Photos: research team

The development of the mosquito begins when the egg hatches releasing a larva. Growing larva molts several times discarding the exuviae (exoskeleton). (Fig.3). The duration of the aquatic phase and each larval phase depends on the water temperature. The larva of the fourth stage becomes a pupa, where the final transformation towards the adult stage occurs. (Villacide & Masciocchi, 2013)



Fig.4. Different stages of larvae and pupae (above). Larvae and pupal exuviae (below). Photos: research team

The adult emerges from the pupa on the surface of the water, if the wings touch the water it has no chance of survival. (Fig. 5)

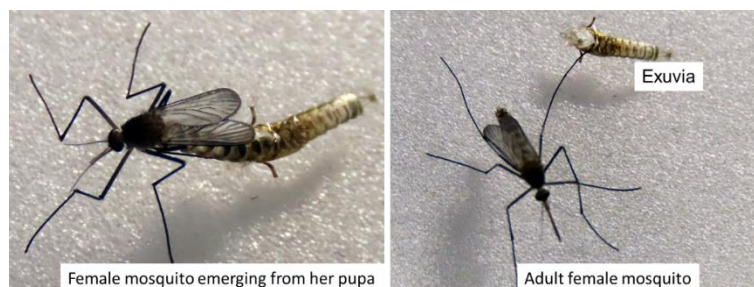


Fig.5. Mosquito emerging from the pupa. Photos: research team

Males and females feed on sugary substances of plant origin such as flower nectar, etc. They give you energy. Females also need to feed on blood (from birds and mammals) because it provides essential amino acids for the development of eggs.

They have sexual dimorphism. The female's oral apparatus is specialized for blood suction. (Fig. 6) (SC Johnson, 2020; Villacide & Masciocchi, 2013)

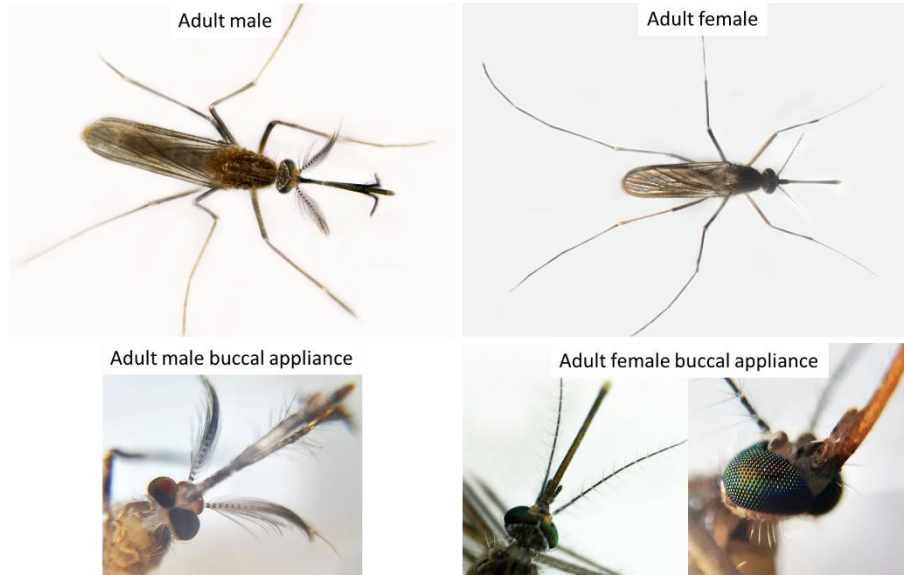


Fig.6. Adult mosquitoes of the genus Culex. Photos: research team

The larvae of mosquitoes can develop diverse aquatic habitats: from very small and ephemeral (underarms of bromeliads, tree holes, small puddles and containers used by man) to large and permanent (fresh or saline bodies, natural or artificial). Artificial habitats are commonly found in urban and rural environments (drains, canals, animal tracks, shallow wells, etc.) (Juliano, 2009).

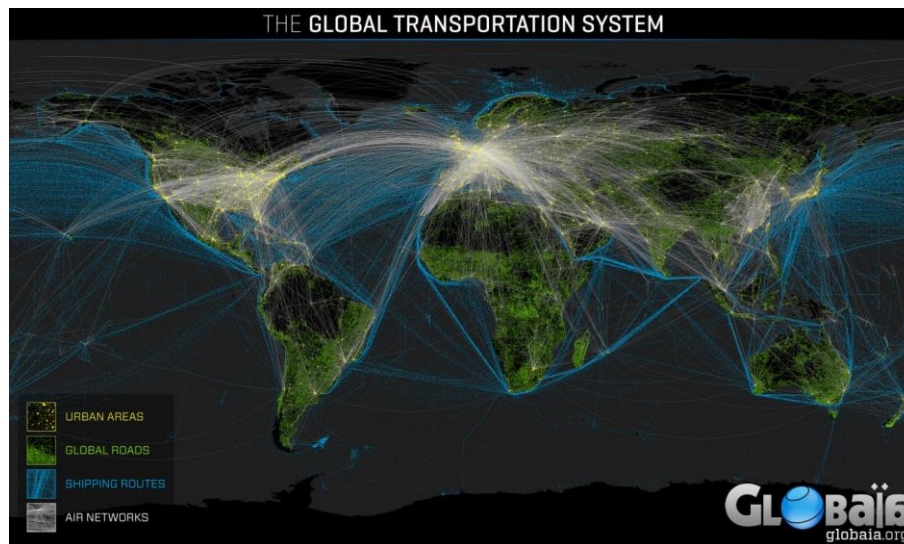


Fig.7. Global transport system. (Gloaia, 2020)

Mosquitoes are distributed around the world. In areas with higher temperature and humidity, we can find more species diversity. The distribution is influenced by: a) habitat modification and b) active dispersion. The latter is the displacement of the mosquito in search of suitable breeding grounds. Some species could fly up to 300 km and 9-hour flights (Huestis, et al., 2019). Habitat modification encompasses more factors that favor dispersion; from climatic causes to anthropic

intervention. (Fig. 7 and [Annex 1](#)). The probability of dispersion of mosquitoes on a global scale is very high due to the intense transport of people and goods. (Fig. 7)

Some mosquito eggs can resist desiccation and extreme temperatures for months or even a year by allowing them to take advantage of human transport for passive dispersion over long distances. Climatic conditions, such as temperature, humidity and rainfall, affect the availability of habitats to lay eggs, reproduction and survival rates. Tropical regions, where mosquito-borne diseases are concentrated, have higher temperatures, rainfall and humidity than medium and high latitudes. The same goes for altitude, as we ascend the temperature decreases.

With climate change, there has been an increase in the global average temperature that is causing changes in the climatic patterns of different regions and an increase in the frequency of extreme events (IPCC, 2013) that can affect the distribution and abundance (Fig. 8) of mosquitoes or the pathogens they transmit. (Wu, et al., 2016).

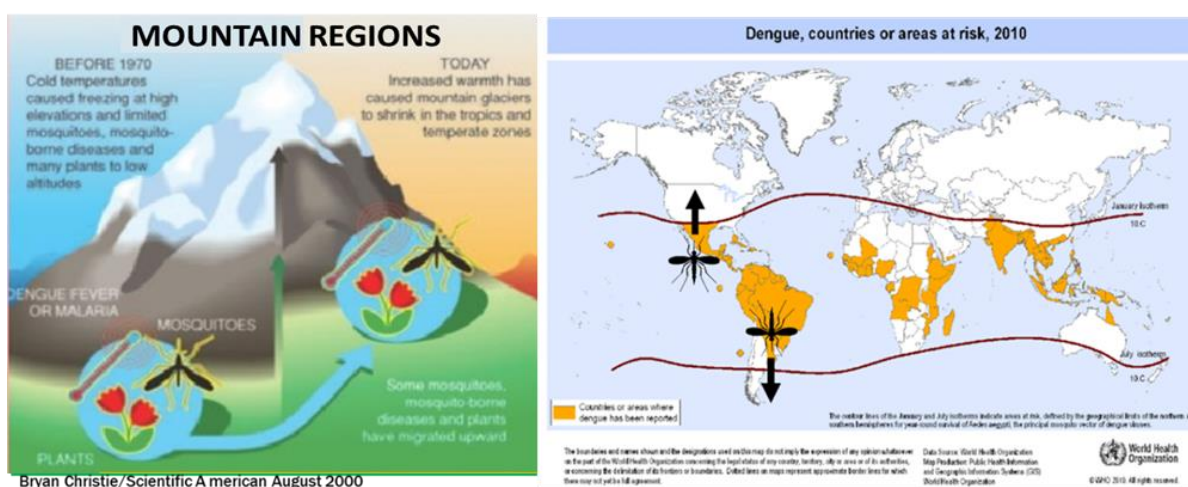


Fig.8. Possible changes in the geographical distribution of mosquitoes due to climate change.

Mosquitoes need a certain temperature range to survive and develop. For example, highs of 22–23 ° C and minimums of 25–26 ° C are the two thresholds for the development of mosquitoes that transmit the Japanese Encephalitis Virus (Mellor and Leake, 2000).

Research Methods and Materials:

The city of Junín de los Andes is located in the region of Argentine Patagonia (Fig.9) in a transition zone between the forest to the west in the Andes Mountains and the steppe to the east. The region has climate temperate or cold-temperate. The Andes impose an important barrier for the humid air masses that come from the Pacific Ocean, resulting in a strong west-east precipitation gradient on the Argentine side. Precipitation is mainly concentrated in the winter months and the central part of Patagonia receives less than 200 mm. Topography and wind influence air temperature. The prevailing winds are from the West and persist throughout the year. (Meteoblue, 2020; Paruelo, et.al, 1998).

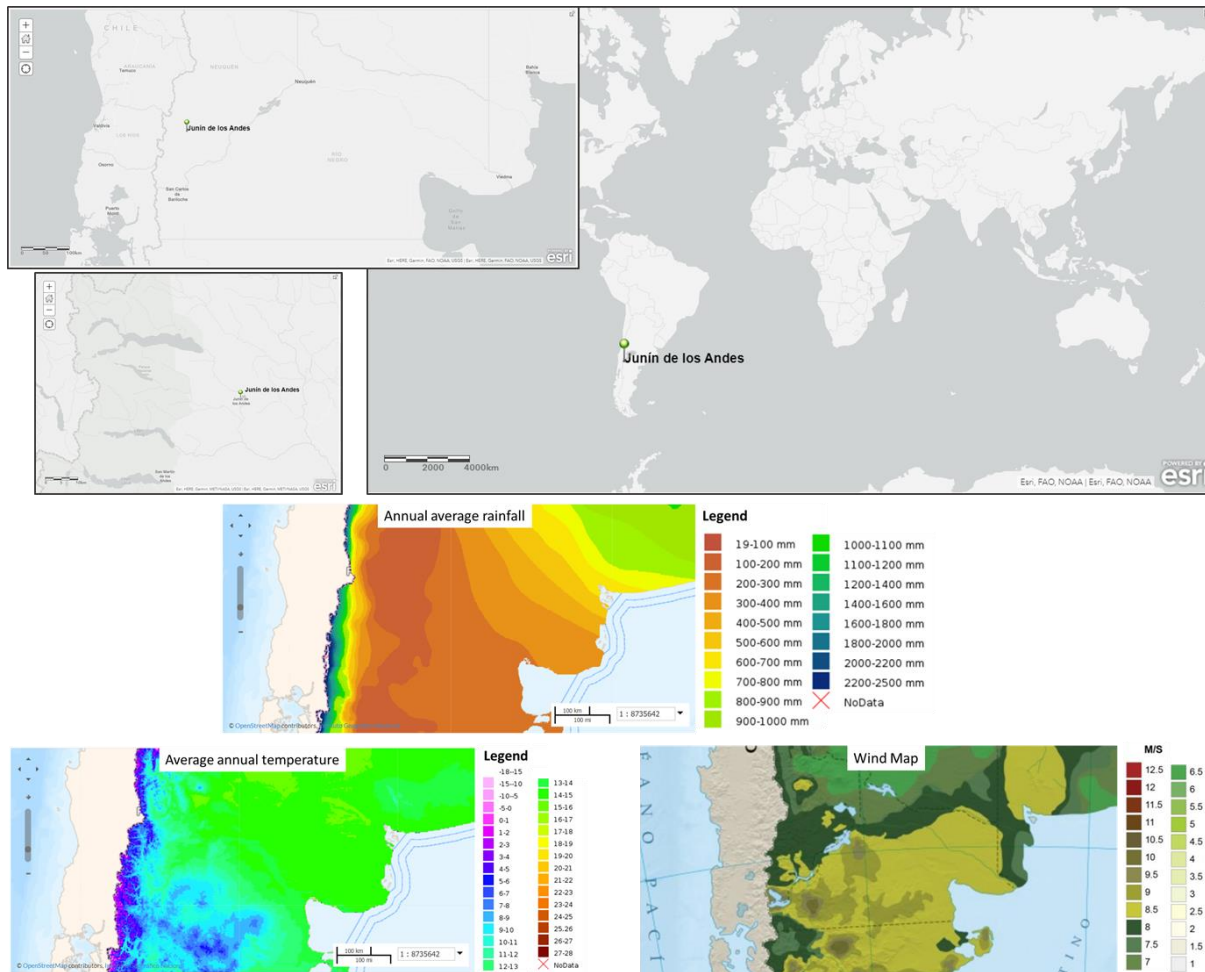


Fig.9. Location of Junín de los Andes. Map of annual average temperatures and precipitation (IDES, 2017). Wind map (Educ.ar and Fundación YPF, 2015).

Samples were conducted around the city of Junín de los Andes, Argentina at different sites (Fig.10) where there were small bodies of stagnant water parallel to the Chimehuin River. Mosquito traps were also placed so that the females lay their eggs there.

The sampling period was from December 2019 to March 2020. Physicochemical analyzes of water quality (temperature, pH, alkalinity, turbidity, dissolved oxygen, electrical conductivity and nitrates) were carried out in the Chimehuín River and in nearby places where there were puddles with mosquitoes. In addition, the macroinvertebrates present were identified in the sampled sites. (Figs. 11 and 12)

For the sampling and identification methodology, the GLOBE Program Hydrosphere and Biosphere: Land Cover Classification protocols. Also, the GLOBE Observer-Mosquito and GLOBE Observer – Land Cover: Adopt a Pixel application (NASA-GLOBE, 2017) were used. The MUC Code (Modified UNESCO Classification) was used to classify land cover. (The GLOBE Program, 2000).

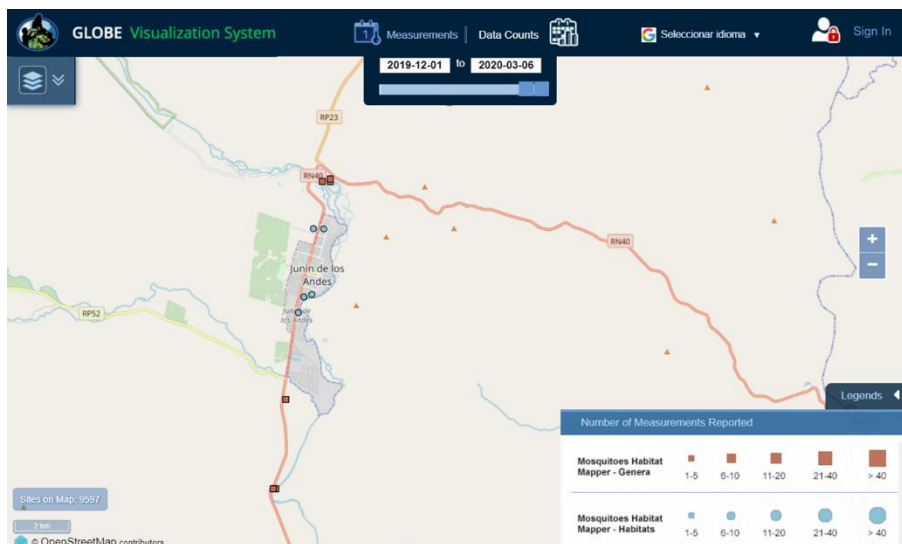


Fig.10. Location of Junín de los Andes, the sampled sites and the sites with mosquitoes.

The samples were processed to perform the mosquito count and identify the gender. Some pupae were preserved until adults emerged to identify them and make a photographic record.

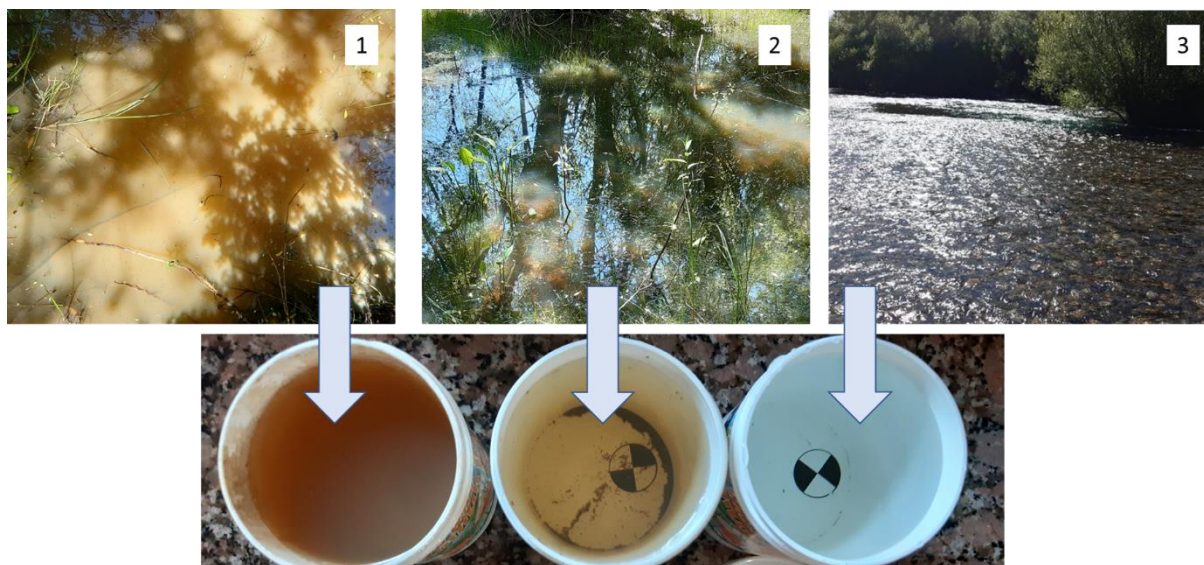


Fig.11. Natural habitats: 1) Puddle with mosquitoes, 2) Puddle without mosquitoes, 3) Río Chimehuín. Bottom image: turbidity differences between the puddles and the river.

The historical climatic data of Junín de los Andes and the meteorological data of the sampling period were obtained from the Meteoblue website. (Meteoblue, 2020).

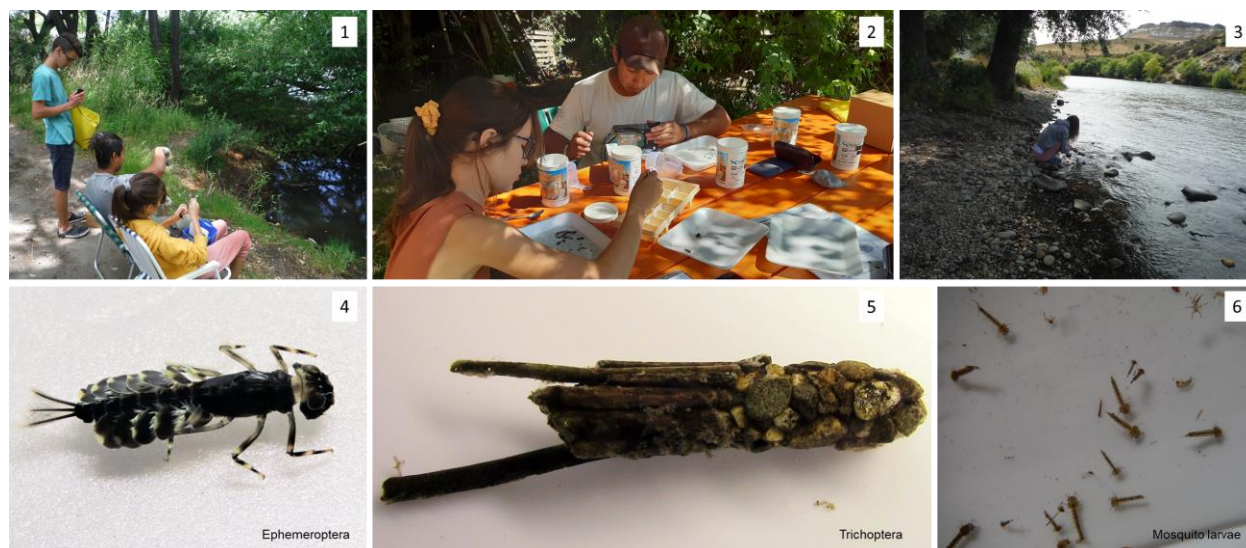


Fig. 12. Puddle water quality analysis (1), macroinvertebrate sample processing (2), water sampling in the Chimehuín river (3), river macroinvertebrates (4 and 5) and mosquito larvae (6).

Mosquito traps were placed with water, two types of baits: a) yeast and b) ground beetroot peel, in both cases mixed with water. Traps with baits were made following the methodology used by Melo, et al., 2020 and were placed in urban environments and in areas near puddles where there were mosquitoes. (Fig. 13)



Fig. 13. Location and type of traps to catch mosquito larvae.

To compare all water quality sampling sites, they were analyzed with bar graphs, box graphs and Chernoff faces (Chernoff, 1973) that uses human faces to represent points in k dimensions. (See [Annex 2](#))

The T-test was used to establish significant differences in arithmetic means between the water quality of the Chimehuín River and the parallel puddles. Previously, the normality tests of Liliefors

and Levene's test of variance homogeneity were applied. STATISTICA software was used to apply the tests and to graph the Chernoff faces.

Results:

Se recolecta un total de 1221 larvas en charcos de origen natural paralelos al río Chimehuín. La mayor parte de los charcos encontraron no contenían larvas de mosquitos. (Fig.10). En todas las muestras de larvas y pupas de mosquitos de los diferentes charcos solo se encontraron el género *Culex*. (Fig.14)

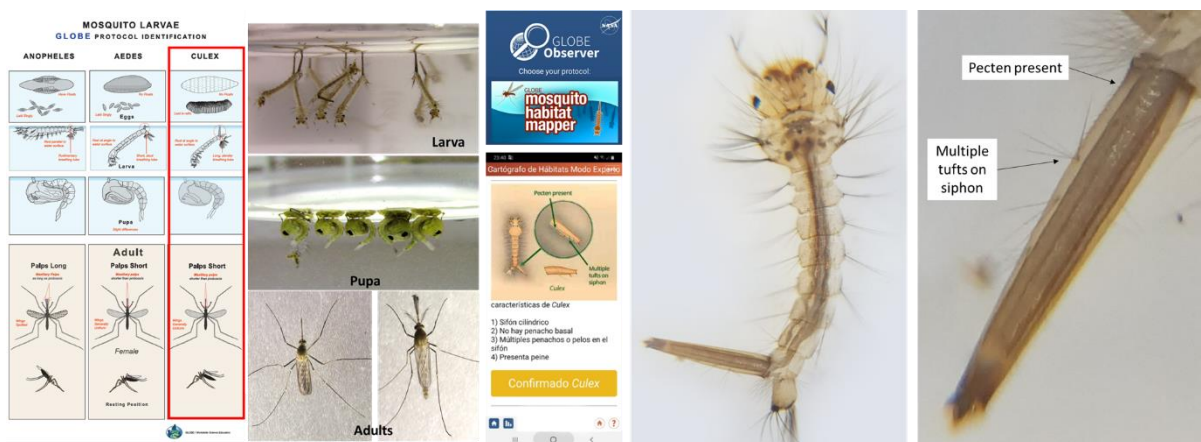


Fig. 14. Identification of the genus of mosquito larvae and pupae.

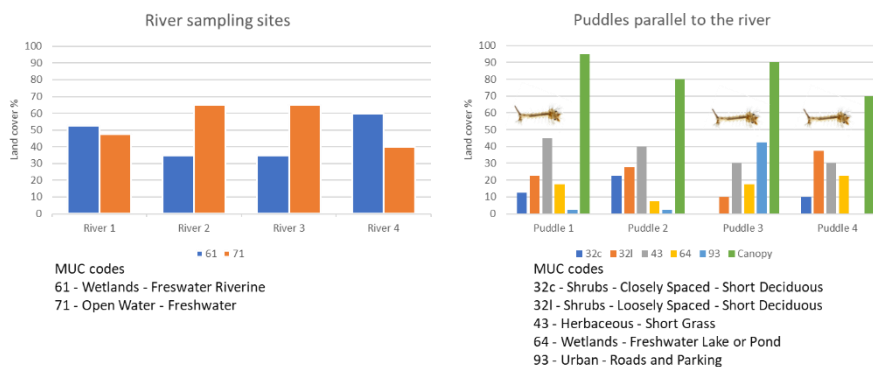


Fig. 15. Characterization of land cover at sampling sites.

The topography of Junín de los Andes, with mountains and slopes make it difficult to form puddles in the city. The rains decrease considerably in spring and summer. The total rainfall during the sampling period was 8 mm. The average temperature was 24° C with a maximum of 33° C and a minimum 0° C. The relative humidity ranged from 50 to 60%, about 35% of the days it was cloudy to partly cloudy. The wind speed ranged between 10 and 25 km/h with maximum gusts of 45 km/h. (Meteoblue, 2020)

Land cover was similar at all sampling sites in the river. The puddles had good canopy coverage (between 80 and 90%) that provided shade most of the day. Herbaceous coverage between 30

and 40% and shrubs in some closed sites and in other open ones that together reach an average of 40%. (Fig.15).

Table 3. Results of the physical-chemical analyzes at the sampling sites.

Site	Temperature °C	pH	Dissolved Oxygen (mg/l)	Turbidity (JTU)	Alkalinity (mg/l)	Conductivity (µS)	Nitrates (mg/l)
Site 1 River	17,5	8	7,3	0	20	50	0
Site 1 Puddle	16,8	7	2	100	60	130	0
Site 2 River	13,8	6	8,5	0	22	50	0
Site 2 Puddle	18	6	2,2	40	40	70	0
Site 3 River	17	7	7,7	0	24	50	0
Site 3 Puddle	13,7	6	4	100	38	100	0
Site 4 River	17,4	7	8	0	24	60	0
Site 4 Puddle	15,3	7	2,4	40	96	250	0
Mean - River	16,43	7,00	7,88	0,00	22,50	52,50	0,00
SD - River	1,76	0,82	0,51	0,00	1,91	5,00	0,00
Mean - Puddle	15,95	6,50	2,65	70,00	58,50	137,50	0,00
SD - Puddle	1,86	0,58	0,91	34,64	26,90	78,90	0,00

The data (Table 3 and Fig. 16) show a marked difference between the water quality of the river and that of the puddles. These puddles form as the flow of the Chimehuín River decreases. The temperature, pH and nitrates are similar. No nitrates were detected in any of the samples.

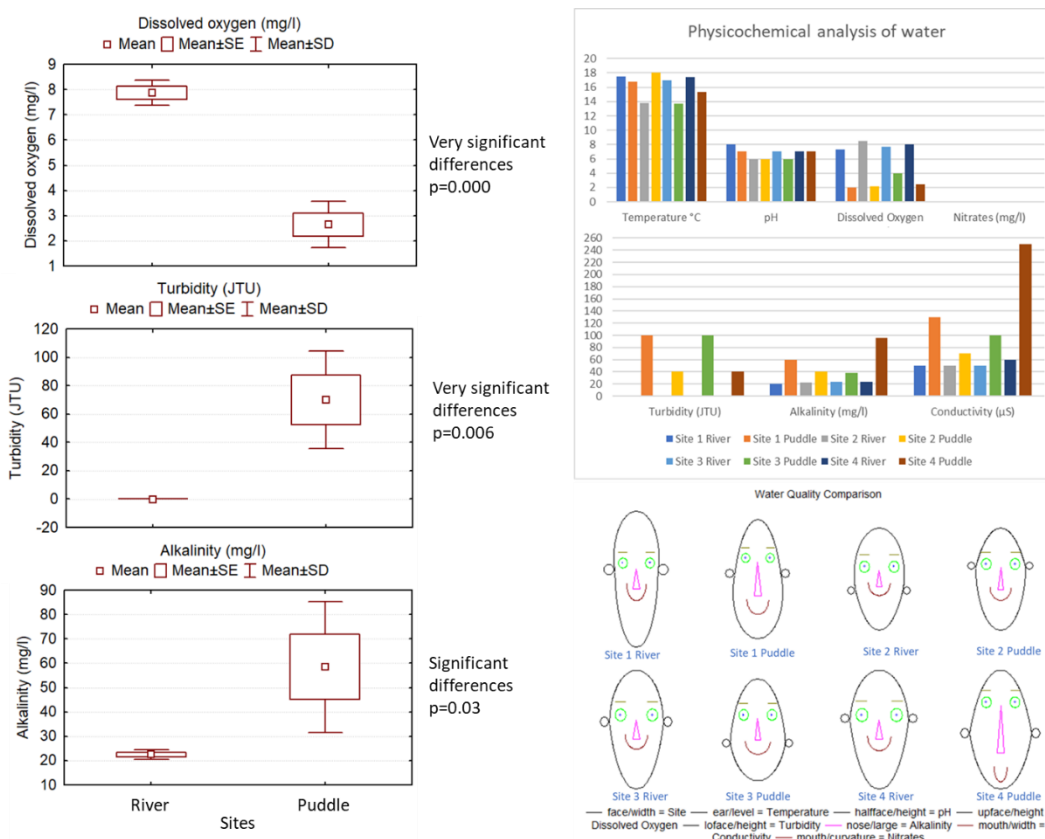


Fig. 16. Water quality at sampling sites.

The greatest differences in water quality between the river and the puddles occur in dissolved oxygen, turbidity, alkalinity and conductivity. The t-test showed very significant differences $p < 0.01$ for dissolved oxygen (river: $7.88 \text{ mg/l} \pm 0.51$; puddles: $2.65 \text{ mg/l} \pm 0.91$) and turbidity (river: 0 JTU ; puddles: $70 \text{ JTU} \pm 34.64$). The differences were significant $p < 0.05$ for alkalinity (river: $22.5 \text{ mg/l} \pm 1.91$; puddles: $58.5 \text{ mg/l} \pm 26.9 \text{ mg/l}$).

In conductivity differences were recorded (river: $52.50 \text{ } \mu\text{S} \pm 5$; puddles: $137 \text{ } \mu\text{S} \pm 78.9$) but these were not statistically significant.

The comparison between the sites sampled in the river records similar values in all cases. In the case of puddles, oxygen is always low, but alkalinity and conductivity parameters show greater variation. The turbidity presents slight variations between the puddles. (Table 3 and Fig.16)

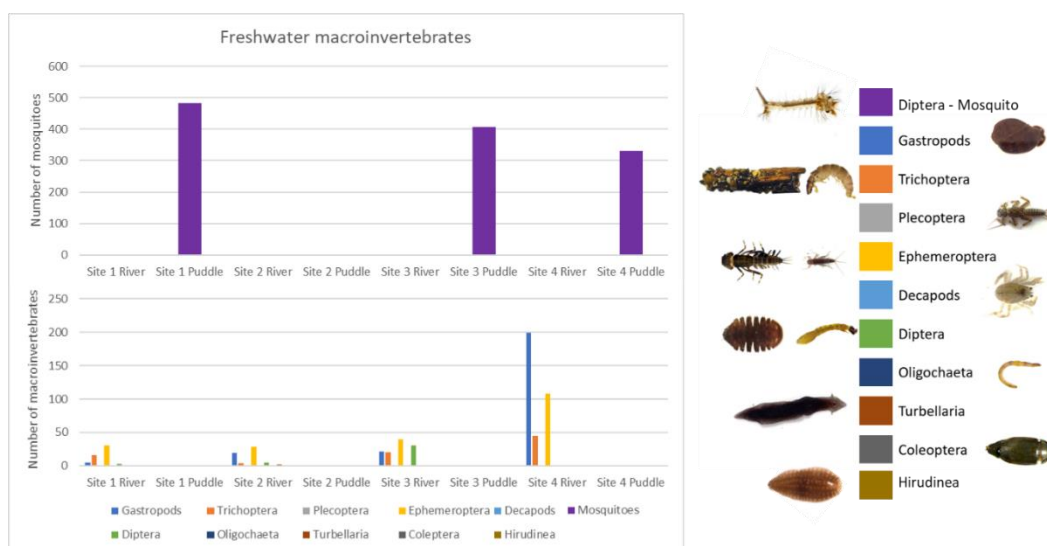


Fig. 17. Aquatic macroinvertebrates at sampling sites.

Puddle 2 had characteristics very similar to the rest and a very small stream of water that connected it with and with the river. No mosquito larvae were found in this puddle. The other puddles with mosquitoes were closed and temporary. In the rest of the puddles, pupae and mosquito larvae were found in different stages of development living with amphipods at approximately similar densities. No other types of aquatic macroinvertebrates were observed, nor were small vertebrates.

At the river sampling sites, a greater diversity of aquatic macroinvertebrates was found, but no mosquito larvae or pupae were found. (Fig.17). Site 4 stands out with a large number of gastropods. This site is 7 km from the sewer discharge that causes variations in water quality. (Pepe, et.al, 2018)

In the river, species sensitive to changes in water quality were found, such as the ephemeroptera (which are the dominant taxon in most of the sampled sites), plecoptera and trichoptera. Only in one place the dominant taxon are the gastropods (which have greater tolerance to changes in water quality). (Pepe, et.al, 2018) No mosquitoes were found in any of the traps.

Discussion:

The low temperatures of the Patagonian region and the dry season coinciding with the breeding season could be limiting for the survival of mosquitoes. During the sampling period the minimum air temperature recorded values to 0°C for several nights in a manner consistent with other authors who registered *Culex* in Patagonia. (Grech, et.al, 2012, 2019; Burrioni, et.al, 2007, 2013; Rossi & Vezzani, 2011; Rossi, 2015; Darsie & Mitchell, 1985). The low temperatures would not be limiting the reproduction of mosquitoes of the genus *Culex* as demonstrated by Burrioni et.al, 2013 by registering larvae in the southern tip of Patagonia at latitudes greater than 50° S. Low temperatures are not limiting for *Aedes albifasciatus*, it has been recorded in Patagonian environments with minimum air temperatures of -12° C (Garzón, et.al, 2013) and also in the Magallanes region in Chile (Carvajal, & Faúndez , 2018), on the other side of the Andes mountain range, showing an adaptive response to different temperature conditions. (Garzón et.al, 2015)

Arid conditions restrict the formation and permanence of water bodies as well as the accumulation of water in artificial containers limiting mosquito breeding habitats. In this study, only mosquito larvae were found in some puddles parallel to the river that form when the flow drops.

Culex mosquito females choose puddles with a very low level of dissolved oxygen since they can get it directly from the air through respiratory structures such as the siphon (in larvae) and trumpets (in pupae). (Grech, et.al, 2019) Possibly this condition limits the development of other larval predatory species. In the puddles with mosquitoes only amphipods were found at practically the same density.

Another feature that could limit potential macroinvertebrates mosquito predators is the high turbidity, alkalinity and conductivity of the water in the puddles. None of the macroinvertebrates found in the Chimehuín River could survive these conditions.

Climate change could influence the distribution and abundance of *Culex* in cold areas as shown by the model developed by (Chen, et.al, 2013) for Canada and the IPCC, 2013 for different regions in the world. West Nile virus transmitted by mosquitoes of the genus *Culex* could spread to areas considered extreme. (Epstein, 2001; Yu, et.al, 2018).

Cold or heat waves influence the availability of breeding sites and could affect cold areas where there are only mosquitoes in summer. (IPCC, 2013). For example, *Cx. eduardoi* mosquito larvae have been documented in the city of Buenos Aires throughout the year. (Fischer et al. 2000).

According to (Rossi & Vezzani, 2011) very little is known about mosquito habitats in Patagonia and more research is needed to improve understanding of mosquito survival in extreme conditions, to assess disease transmission risks and improve control strategies

Conclusion:

The flow of the Chimehuín River decreases in summer leaving temporary puddles on its banks. Some of these puddles are chosen by the females to lay their eggs. Puddles with mosquitoes are characterized by being closed, ephemeral, with high turbidity, alkalinity and conductivity. The dissolved oxygen content is very low.

In puddles with water current, although small, there are no mosquito larvae. Alkalinity, turbidity and conductivity values are slightly lower than in puddles with mosquitoes.

The water quality of the Chimehuín River is better than in the nearby puddles it originates, where mosquito larvae develop. The diversity of macroinvertebrates is also greater in the river than in the puddles. In the puddles with mosquito larvae only amphipods are found.

The data indicates that *Culex* mosquito females would be choosing critical environments for other macroinvertebrates that could prey on them. It is recommended to carry out more research on mosquito species and habitats in Patagonia. Knowing the characteristics of habitats can be useful for designing larval control systems and mitigating the effects of mosquito displacements due to climate change to areas that are now extreme for their development.

Acknowledgements:

We thank The GLOBE program, especially the GLOBE Zika Education and Prevention project, GLOBE Mission Mosquito citizen science program, the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for generating the Basecamp MHM IVSS Collaboration platform. We also thank the developers of the application GLOBE Observer: Mosquito and GLOBE Observer: Land Cover that allowed us to collect a large amount of data by registering them easily.

We thank Dr. Dorian Janney, Dr. Cassie Soeffing, Dr. Rusty Low for the webinars that allowed us to learn about different aspects of mosquito ecology and for answering multiple queries and discussion of the data obtained. Finally, we also thank our mentor from Argentina, Dr. Ricardo Chrobak, from the Doctorate in Teaching of Exact and Natural Sciences for helping us in the preparation of the research report.

Bibliography/Citations:

Anderson MT, Kiesecker JM, Chivers DP, Blaustein AR (2001) The direct and indirect effects of temperature on a predator–prey relationship. *Can J Zool* 79:1834–1841

Berón, C. M., Campos, R. E., Díaz Nieto, L., Schweigmann, N., Salomón, O. D., & Gleiser, R. M. (2016). Investigaciones sobre mosquitos de Argentina. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.

Bissinger, B. W., Schmidt, J. P., Owens, J. J., Mitchell, S. M., & Kennedy, M. K. (2014). Performance of the plant-based repellent TT-4302 against mosquitoes in the laboratory and field and comparative efficacy to 16 mosquito repellents against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of medical entomology*, 51(2), 392-399.

Blasberg, M., Goos, H., & Hackenbroch, V. (2016). *Aedes Aegypti* Mosquito Is World's Most Dangerous Animal. *SPIEGEL ONLINE*.

Burroni, N. E., Loetti, M. V., Marinone, M. C., Freire, M. G., & Schweigmann, N. (2013). Larval habitat of *Ochlerotatus albifasciatus* (Diptera: Culicidae) in the southern edge of the Americas, Tierra del Fuego Island. *Open Journal of Animal Sciences*, 3(4A), 5-10.

Burroni, N., Loetti, V., Freire, G., Jensen, O., & Schweigmann, N. (2007). New record and larval habitats of *Culex eduardoi* (Diptera: Culicidae) in an irrigated area of Patagonia, Chubut Province, Argentina. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 102(2), 237-240.

Campos RE, Maciá A. 1998. Culicidae. En: Morrone JJ, Coscarón S, eds. Biodiversidad de artrópodos argentinos. Una perspectiva biotaxonómica. Ediciones SUR. La Plata. Argentina. pp. 291-303.

Carvajal, M. A., & Faúndez, E. I. (2018). First record of *Aedes albifasciatus* in Magallanes region, Chile. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 34(2), 117-119.

Chen, C. C., Jenkins, E., Epp, T., Waldner, C., Curry, P. S., & Soos, C. (2013). Climate change and West Nile virus in a highly endemic region of North America. *International journal of environmental research and public health*, 10(7), 3052-3071.

Chernoff, H. (1973). The use of faces to represent points in k-dimensional space graphically. *Journal of the American Statistical Association*, 68(342), 361-368

Darsie RF, Mitchell CJ. 1985. The mosquitoes of Argentina. Parts I and II. *Mosq Syst.* 17: 163-334.

Dida, G. O., Gelder, F. B., Anyona, D. N., Abuom, P. O., Onyuka, J. O., Matano, A. S., Samson, O. A., Canisius, K. K., Philip, O. O., Collins, O. & Ofulla, A. V. (2015). Presence and distribution of mosquito larvae predators and factors influencing their abundance along the Mara River, Kenya and Tanzania. *SpringerPlus*, 4(1), 136.

Educ.ar y Fundación YPF. (2015). Mapa de vientos - Energías de mi País. Retrieved 5 March 2020, from <http://energiasdemipais.educ.ar/fuentes-de-energia-potencial/energia-eolica/>

Epstein, P. R. (2001). West Nile virus and the climate. *Journal of Urban Health*, 78(2), 367-371.

Fischer, S., Marinone, M. C., Fontanarrosa, M. S., Nieves, M., & Schweigmann, N. (2000). Urban rain pools: seasonal dynamics and entomofauna in a park of Buenos Aires. *Hydrobiologia*, 441(1), 45-53.

Garzón, M. J., & Schweigmann, N. (2015). Thermal response in pre-imaginal biology of *Ochlerotatus albifasciatus* from two different climatic regions. *Medical and veterinary entomology*, 29(4), 380-386.

Garzón, M. J., Jensen, O., & Schweigmann, N. (2013). Resistance to freezing temperatures in *Aedes (Ochlerotatus) albifasciatus* (Macquart) eggs (Diptera: Culicidae) from two different climatic regions of Argentina. *Journal of Vector Ecology*, 38(2), 339-344.

Grech, M., Manzo, L., Epele, L., Laurito, M., Claverie, A., & Ludueña-Almeida, F. et al. (2019). Mosquito (Diptera: Culicidae) larval ecology in natural habitats in the cold temperate Patagonia region of Argentina. *Parasites & Vectors*, 12(1).

Grech, M., Visintin, A., Laurito, M., Estallo, E., Lorenzo, P., & Rocca, I. et al. (2012). New records of mosquito species (Diptera: Culicidae) from Neuquén and La Rioja provinces, Argentina. *Revista De Saúde Pública*, 46(2), 387-389.

Harvell, C. D., Mitchell, C. E., Ward, J. R., Altizer, S., Dobson, A. P., Ostfeld, R. S., & Samuel, M. D. (2002). Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science*, *296*(5576), 2158-2162.

Huestis, D. L., Dao, A., Diallo, M., Sanogo, Z. L., Samake, D., Yaro, A. S., Ousman, Y., Linton, Y. M., Krishna, A., Veru, L., Krajacich, B. J., Faiman, R., Florio, J., Chapman, J. W., Reynolds, D. R., Weetman, D., Mitchell, R., Donnelly, M. J., Talamas, E., Chamorro, L., Strobach, E & Lehmann, T. (2019). Windborne long-distance migration of malaria mosquitoes in the Sahel. *Nature*, *574*(7778), 404-408.

IDESIA. (2017). Explora Mapas - GeoNode. Retrieved 5 March 2020, from <http://geoportal.idesa.gob.ar/maps/?limit=100&offset=0>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group 1 (WG1) Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 5th Assessment Report (AR5). Cambridge University Press, United Kingdom and New York.

Juliano, S. A. (2009). Species interactions among larval mosquitoes: context dependence across habitat gradients. *Annual review of entomology*, *54*, 37-56.

Lam, S. K., Burke, D., Gubler, D., Méndez-Gálvan, J., & Thomas, L. (2012). Call for a world dengue day. *The Lancet*, *379*(9814), 411-412.

Mellor, P. S., & Leake, C. J. (2000). Climatic and geographic influences on arboviral infections and vectors. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, *19*(1), 41-48.

Melo, N., Wolff, G. H., Costa-da-Silva, A. L., Arribas, R., Triana, M. F., Gugger, M., ... & Stensmyr, M. C. (2020). Geosmin attracts *Aedes aegypti* mosquitoes to oviposition sites. *Current Biology*, *30*(1), 127-134.

Meteoblue. (2020). Climate Junín de los Andes. Available from <https://bit.ly/2OX0UfO>

National Aeronautics and Space Administration. (2017) The Globe Program. GLOBE Observer: Mosquito hábitat mapper. Available from <https://observer.globe.gov/toolkit/mosquito-habitat-mapper-toolkit>.

National Aeronautics and Space Administration. (2017) The Globe Program. Mosquito protocol. Available from <https://bit.ly/2Vv1QdQ>

Paruelo, J. M., Beltrán, A., Jobbágy, E., Sala, O. E., & Golluscio, R. A. (1998). The climate of Patagonia: general patterns and controls on biotic processes. *Ecología Austral*, *8*(02), 085-101.

Pepe, M.; Martínez, L.; Wehinger, J. and Prieto, A.B. (2018) Aquatic macroinvertebrates and their importance as water quality bioindicators in the Chimehuín River, Patagonia, Argentina. *GLOBE Learning Expedition (GLE)*. Killarney, Ireland. July, 1 – 6, 2018. The GLOBE Program <http://www.globe.gov>

Rossi, G. C. (2015). Annotated checklist, distribution, and taxonomic bibliography of the mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) of Argentina. *Check List* *11*(4):1-15

Rossi, G. C., & Vezzani, D. (2011). An update of mosquitoes of Argentine Patagonia with new distribution records. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 27(2), 93-98.

SC Johnson. (2020). 5 Datos Sorprendentes Sobre Los Mosquitos | OFF!® Repelente. Retrieved 4 March 2020, from <https://off.com.ar/es-ar/education/insects-101/5-surprising-facts-about-mosquitoes>

StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com

The GLOBE Program. (2000) MUC Field Guide. A Key to Land Cover Classification. Retrieved 1 January 2020. <https://bit.ly/337NKUx>

Villacide, J. M., & Masciocchi, M. (2013). Mosquitos. *Serie de divulgación sobre insectos de importancia ecológica, económica y sanitaria*. INTA cuadernillo 8 (2013).

Weetman, D., & Clarkson, C. S. (2015). Evolving the world's most dangerous animal. *Trends in parasitology*, 31(2), 39-40.

WHO. (2020). Mosquito-borne diseases. World Health Organization. Retrieved 13 February 2020, from https://www.who.int/neglected_diseases/vector_ecology/mosquito-borne-diseases/en/

Wu, X., Lu, Y., Zhou, S., Chen, L., & Xu, B. (2016). Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. *Environment international*, 86, 14-23.

Yu, D., Madras, N., & Zhu, H. (2018). Temperature-driven population abundance model for *Culex pipiens* and *Culex restuans* (Diptera: Culicidae). *Journal of theoretical biology*, 443, 28-38.

(Optional) Badge Descriptions/Justifications:



Be a **Data Scientist**

From the experience of previous work on mosquitoes, students were able to prepare their research questions, design and execute the research plan. They took their samples, performed physicochemical analyzes of water quality and identified macroinvertebrates. In addition, they plotted their data and applied statistical analysis to analyze and answer the research questions. The questions were consulted and discussed with specialists from The GLOBE Program, the GLOBE Zika Education and Prevention project, NASA and the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) through the Basecamp MHM IVSS Collaboration platform. They also made suggestions for future research. In short, they were able to work as data scientists.



Be a **STEM Professional**

Thanks to the work with STEM mentors, GLOBE Program and Zika Project, NASA and the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) and the Universidad Nacional del Comahue, students improved their research methods, accuracy in data collection, included land cover measurements that helped them complement and better interpret the data obtained in mosquito

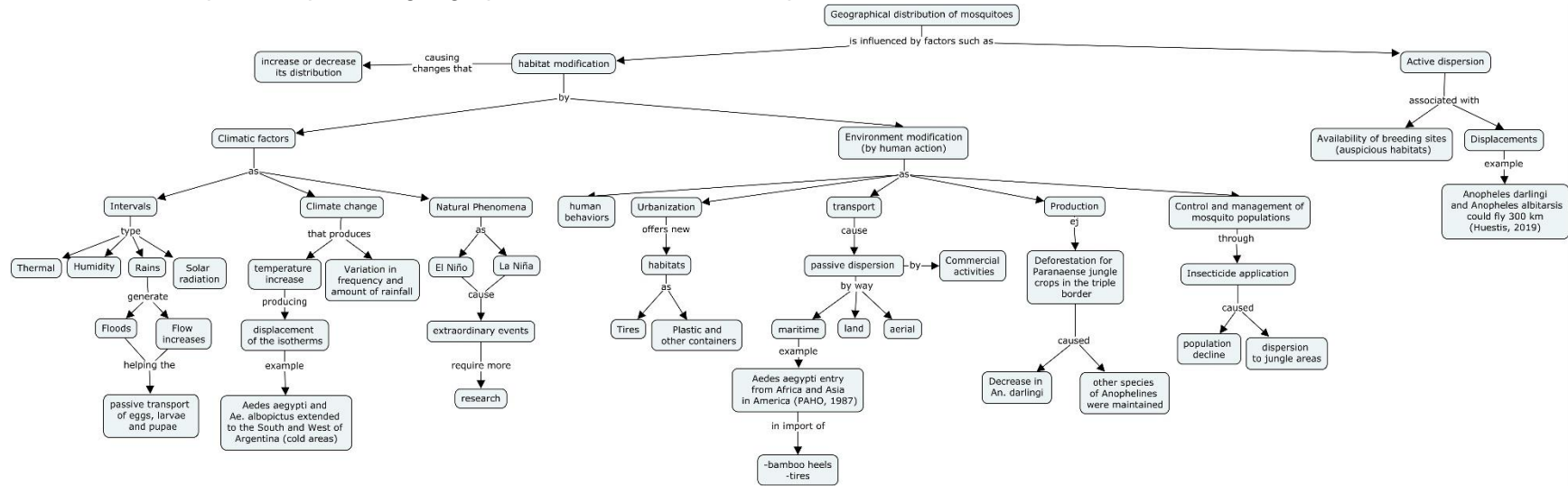
sampling and water quality. In addition to writing their research report, they were also able to record it on video.



Make an Impact

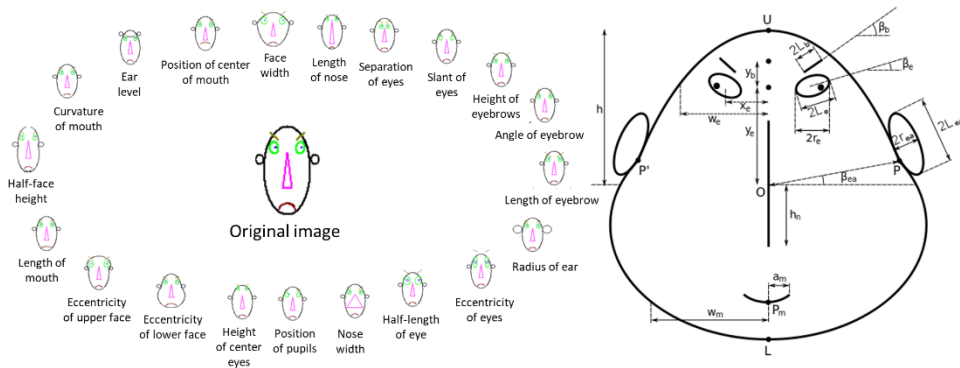
Climate change is causing a decrease in rainfall, particularly snow and rising temperatures. In the Patagonia region there is very little research on mosquito habitats and mosquitoes have been recorded in environments outside the expected areas. Helping to better understand the types of habitats preferred by female mosquitoes to lay eggs can help the community and scientists to design larval control systems and mitigate the effects of mosquito displacements due to climate change to areas that are now extreme for their development. The students made recommendations for future research.

Annex 1: Conceptual map of the geographical distribution of mosquitoes.



Annex 2. Chernoff faces

Chernoff assign to each observation unit or cases, a face so that the position, length and shape of each facial component (eyes, eyebrows, nose, mouth, ears, hair, etc.) reflects the behavior of one of the variables involved in the study. The idea behind the use of faces is that human beings easily recognize faces and notice small changes without difficulty. When few variables are considered, the same face is drawn complete; therefore, special attention should be paid to what are the variables of the face that are changing. Faces apply to situations in which we want to find systematic patterns or groups of observations, or when we want to explore possible complex relationships between several variables.



When few variables are considered, the same face is drawn complete; therefore, special attention should be paid to what are the variables of the face that are changing. Faces apply to situations in which we want to find systematic patterns or groups of observations, or when we want to explore possible complex relationships between several variables.

Fig. 1. Facial attributes of Chernoff's faces (left) and the relationship of image perception variables with facial features (right).