

*Proyecto de Investigación de Colecciones y Fondos  
Museográficos administrados por el Ministerio de Cultura*

## **Datación de Alta Precisión de Khipus Inca Mediante el Modelamiento Bayesiano de Fechados Radiocarbónicos**



### **Informe de Resultados**

**Mag. Alcides Ricardo Alvarez Vera**

**COARPE 040131**

**Lima, febrero de 2025**

# **Datación de Alta Precisión de Khipus Inca Mediante el Modelamiento Bayesiano de Fechados Radiocarbónicos**

**Autor:** Mag. Alcides Ricardo Alvarez Vera

## **1. Resumen**

El proyecto de investigación de colecciones y fondos museográficos administrados por el Ministerio de Cultura “*Datación de Alta Precisión de Khipus Inca mediante el Modelamiento Bayesiano de Fechados Radiocarbónicos*” fue autorizado con Resolución Directoral N° 000092-2023-DGM/MC de fecha 11 de septiembre del año 2023.

El objetivo del proyecto fue investigar la cronología absoluta de los khipus, un tema que a la fecha ha sido objeto de estudios incompletos, con resultados poco informativos o contextualizados. Para ello, se estudió khipus con ciertos atributos particulares, como formar parte de un contexto, o contar con varios niveles de cuerdas subsidiarias, en las colecciones del Museo Nacional de Arqueología, Antropología, e Historia del Perú y del Museo de Sitio “Arturo Jiménez Borja” de Puruchuco, con el fin de obtener muestras para fechados radiocarbónicos. A través del modelamiento Bayesiano de estos fechados, se ha obtenido resultados cronológicos de alta precisión.

## **2. Antecedentes, problemática y objetivos de la investigación**

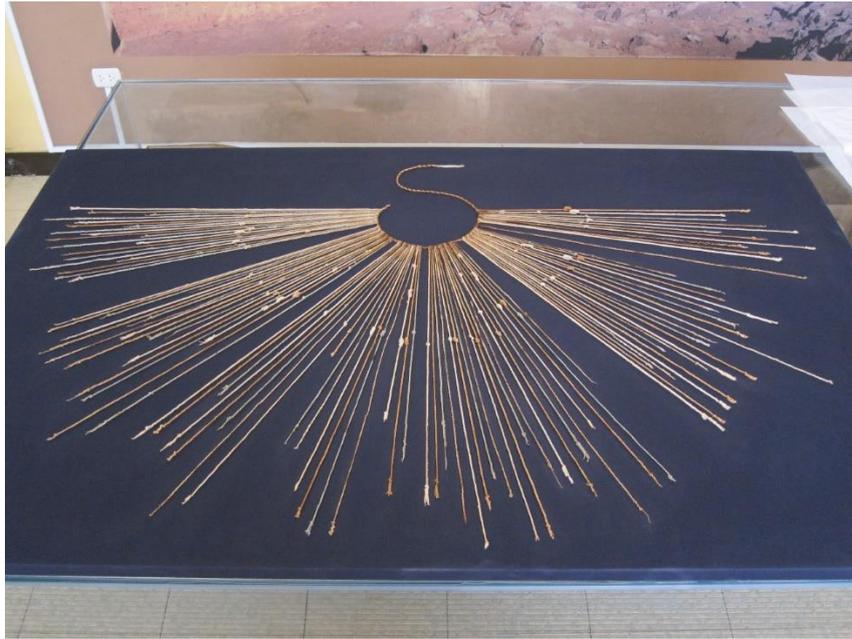
En la literatura sobre khipus Inca, la datación absoluta por el método del radiocarbono no juega un rol preponderante. En el mayor análisis realizado previamente (Cherkinsky y Urton 2014), los investigadores no han probado las técnicas del modelamiento Bayesiano para, por ejemplo, fechar múltiples muestras de un solo ejemplar y evaluar hipótesis sobre la cronología de la fabricación de cada khipu.

Debido a la naturaleza del método radiocarbónico, aun un resultado de laboratorio de la más alta precisión (con rango de error menor a  $\pm 20$  años) tras la calibración necesaria se convierte en un lapso de tiempo considerado demasiado amplio por los especialistas, especialmente cuando se debe determinar si un khipu es una producción incaica o colonial (Salomon 2004: 217-18). Así, el único meta-estudio (Cherkinsky y Urton 2014), concluyó que el análisis radiocarbónico no puede resolver el problema cronológico del fechado de khipus producidos en las décadas anteriores o posteriores a la conquista española.

Este *status quo* puede y debe ser superado, ya que está probado, por ejemplo, el gran potencial que tienen los khipus coloniales en el desciframiento de la información contenida en ellos, gracias a la posibilidad de ser cotejados contra textos correspondientes en español (Medrano y Urton 2018). Si no podemos identificar que khipus son coloniales en fecha, estará limitado el avance que el prometedor hallazgo de Medrano nos ofrece.

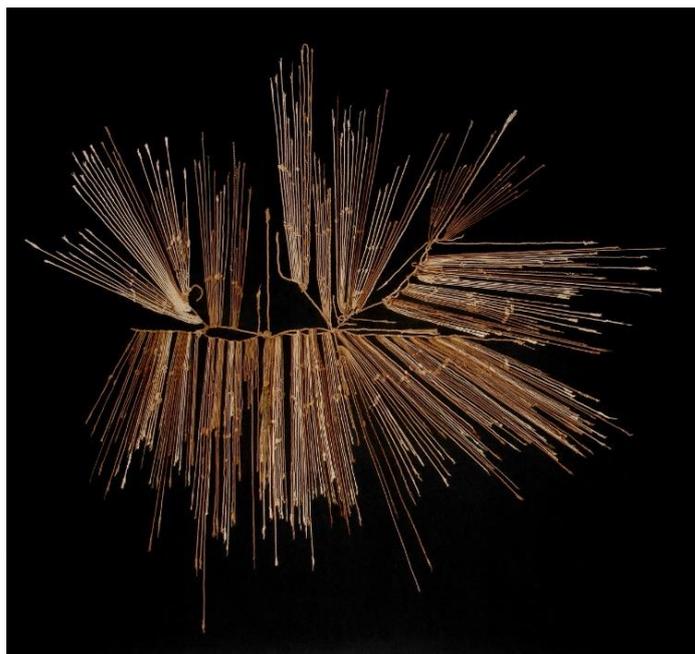
En determinados casos, es posible procesar los fechados radiocarbónicos de modo que se obtenga resultados de alta precisión en años calendáricos (Ramsey 2009). Cuando se cuenta con información adicional, que puede ser de naturaleza estratigráfica o contextual, es posible modelar estas relaciones durante el procesamiento y evitar los picos múltiples o valles extendidos de la curva de calibración radiocarbónica que provocan, en ocasiones, los rangos de error tan amplios que aquejan a los estudios de khipus.

Por lo tanto, la hipótesis de esta investigación fue que es posible encontrar información técnica o contextual de los khipus que permitan realizar un modelamiento de los fechados y alcanzar alta precisión en el resultado. Por ejemplo, los khipus de Puruchuco no son hallazgos aislados, sino de un contexto arqueológico (Figura 1). Además, han formado parte de un importante análisis que afirma que en conjunto constituyen una jerarquía de información contable dentro de la administración inca (Brezine y Villacorta 2020). Por su procedencia segura, y por la demostrada relación entre ellos como parte de un sistema de contabilidad, es razonable proponer que estos khipus son contemporáneos entre sí. Por lo tanto, es posible contrastar esta hipótesis frente a la alternativa (que tienen fechas diferentes), y evaluar cuál es el escenario más probable estadísticamente.



*Figura 1. Fotografía del khipu KH0300 de la colección textil del Museo de Sitio Arturo Jiménez Borja de Puruchuco.*

En el caso del khipu del Museo Nacional de Arqueología, Antropología e Historia del Perú, es grande y complejo, con varios niveles de cuerdas pendientes subsidiarias, que han sido añadidas a las pendientes primarias. Hay cinco niveles, contando de la cuerda principal horizontal a la última cuerda subsidiaria. Las transcripciones de khipus coloniales demuestran que los khipus fueron actualizados y ampliados a lo largo de varios años (Medrano 2021). Esto llevó a plantear como hipótesis que las cuerdas subsidiarias de este khipu no son contemporáneas entre sí. Por el contrario, habrían sido añadidas a las pendientes primarias a lo largo del tiempo, y es posible contrastar estos dos escenarios y evaluar estadísticamente cuál es el más probable.



*Figura 2. Khipu con código RNI 0000121016 y código de propietario RT-016905, de la colección del Museo Nacional de Antropología, Arqueología e Historia del Perú. Fotografía de Antonio Manrique.*

Por lo tanto, si el objetivo general del proyecto de investigación fue seleccionar khipus que podrían ser fechados para obtener datos aplicables en el análisis bayesiano, en un posterior trámite, obtener fechados absolutos mediante análisis radiocarbónico, los fines específicos fueron:

1. Examinar la información de contexto disponible para seleccionar khipus que podrían ser fechados para obtener datos aplicables en el análisis bayesiano
2. Reubicar las muestras previamente extraídas y almacenadas en los museos (Tabla 3), o en su defecto, obtener nuevas muestras, de 1 cm de extensión como máximo, de los hilos individuales que conforman las cuerdas pendientes de los khipus.
3. Tramitar permiso para exportar las muestras y realizar el análisis radiocarbónico en un laboratorio extranjero, por ser un método que no se aplica en el Perú.
4. Procesar los resultados de laboratorio mediante métodos bayesianos para obtener fechados de alta precisión
5. Interpretar estos resultados en el marco del estado de la cuestión en la datación de khipus por el método del radiocarbono.

### **3. Metodología aplicada en el desarrollo de la investigación**

Algunas muestras, como las del conjunto de khipus de Puruchuco, fueron extraídas en una fase previa del proyecto, pero no fueron exportadas para su análisis, y permanecían bajo la custodia del museo. Por lo tanto, en este proyecto solo se coordinó con el Museo de Puruchuco la entrega de las muestras en custodia, acompañado de una visualización de los khipus y algunas fotos.

En el caso del MNAHP, si fue necesario obtener nuevas muestras para fechado. La técnica empleada en la extracción es sencilla: se eligió una cuerda que ya estuviera parcialmente desenhebrada en un extremo, y de uno de los varios hilos que conforman la cuerda, se extrajo un segmento de 1 cm. Realizado esto, se volvió a formar la cuerda con el hilo muestreado y los restantes, de manera que la extracción no es visible. Como se

puede apreciar en la Figura 3, la extracción es realizada por personal especializado en conservación del área textil de los museos correspondientes.

En la selección de los objetos, no se ha empleado un muestreo probabilístico. Se han seleccionado khipus con las características adecuadas para nuestro propósito, tal como se explica en la sección 2 de este informe. En el caso de Puruchuco, las muestras recolectadas pero extraídas en el 2018 representan a cada uno de los varios khipus que se consideran contemporáneos entre sí. En el caso del khipu del MNAAHP, se ha tomado una muestra de cada nivel según sea la cuerda principal, una pendiente primaria, una pendiente subsidiaria, etc.

Dado que el fin del proyecto es la datación de khipus por el método del radiocarbono, las muestras fueron exportadas, al no existir ningún laboratorio especializado en este método de análisis en el Perú, y fechadas mediante el radiocarbono por la técnica AMS (espectrometría de masas por acelerador). El análisis es destructivo, por lo cual las muestras no retornaron al país. Sin embargo, se ha tenido el cuidado de extraer una cantidad mínima de material.



*Figura 3. Extracción de la muestra del khipu UR-063 por el personal especializado en conservación del área textil del Museo de Sitio “Arturo Jiménez Borja” de Puruchuco.*

El modelamiento Bayesiano implica que en el proceso de calibración de los fechados radiocarbónicos se incorpore información sobre, por ejemplo, la contemporaneidad, o no, de los bienes muebles estudiados. Esta información se ingresa mediante un lenguaje de programación. En nuestro caso, hemos usado el programa Oxcal V4.2, y a continuación presentamos un ejemplo del código computacional desarrollado para el análisis:

```
Options()
{
  Resolution=1;
  Curve="shcal20.14c";
};
//Khipu RT16095 MNAAHP
Plot()
{
  Sequence("MNAAHP Khipus")
  {
    Boundary("Start Santa khipus");
    Phase("Santa Archive")
    {
      R_Date("WK4695", 358, 18);
      R_Date("WK4696", 353, 16);
      R_Date("WK4697", 368, 16);
      R_Date("WK4698", 370, 16);
      R_Date("WK4699", 403, 17);
    };
    Boundary("End Santa khipus");
  };
};
```

#### **4. Resultados**

Como se expuso previamente, se obtuvo dos conjuntos de fechadas de radiocarbono: 1) de los khipus de Puruchuco, y 2) del khipu del MNAAHP. En cuanto al Museo Regional de Ica “Adolfo Bermúdez Jenkins”, el khipu seleccionado, con código MRI-01530-02, no cumplía con las características necesarias para el estudio.

##### ***a. Resultados del Khipu RT-16095 del MNAAHP***

Se trata de un khipu muy complejo (Figura 4). Además de las típicas cuerdas principal y las pendientes, tiene cuerdas subsidiarias, las que a su vez tienen otras subsidiarias, que se organizan en forma dendrítica y hasta cinco (05) niveles (Figura 5). Hemos identificado 5 niveles. Nuestra hipótesis para este caso es que se podría tratar de cuerdas añadidas con el tiempo. Esta hipótesis se evaluó con un modelamiento de fechados de radiocarbono obtenidos a lo largo de esta “secuencia”.



Figura 4

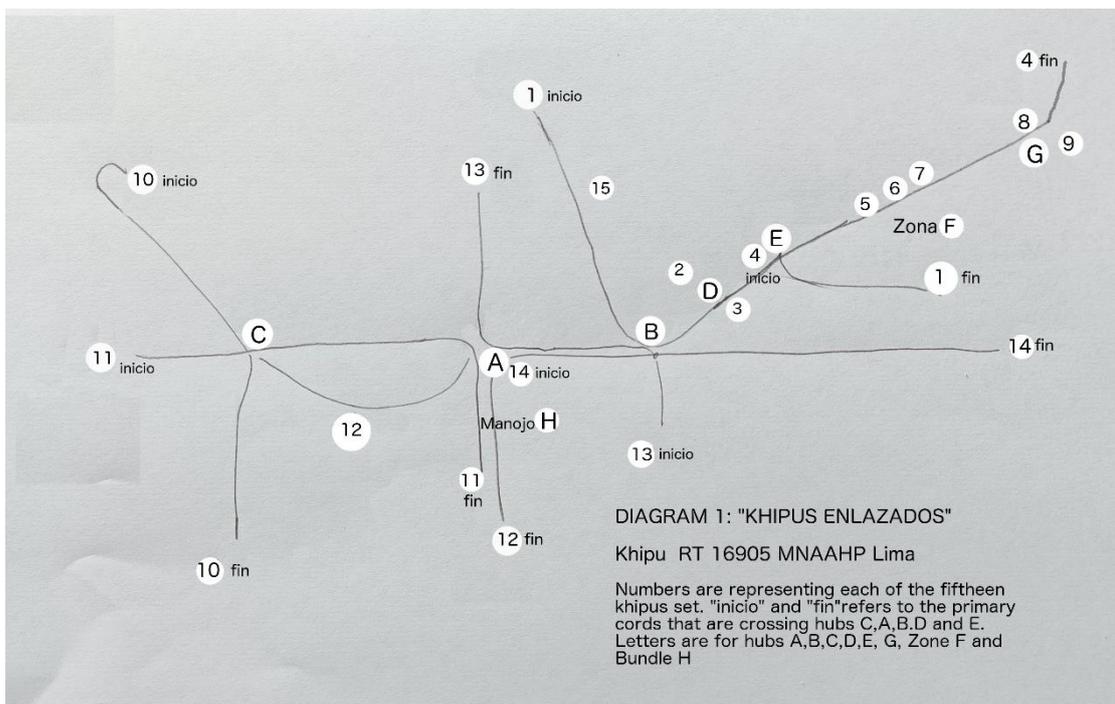


Figura 5. Diagrama de la organización dendrítica de las cuerdas

A continuación, un ejemplo del registro del khipu (Tabla 1), siguiendo la metodología desarrollada por Locke y perfeccionada por los Ascher (Ascher y Ascher 1978).

Cuerda	Enlace	Nudos (no., tipo, pos, dirección, valor)	largo	fibra	color	valor
1	S/R	3S(11.0,Z,30), 4L(24.0,Z,4)d	44.5K	CN	W	34
2	S/R	1S(11.0,Z,10), 7L(23.5,Z,7)d	45.0K	CN	W	17
3	S/R	3S(11.0,Z,30), 1E(25,0,U,1)	49.0K	CN	W	31
4	S/R	2S(11.0,Z,20), 1S(22.5,U,1)	41.0K	CN	W	21
5	S/R	4L(22.5,Z,4)d	35.0K	CN	W	4
6	S/R	3S(9.5,Z,30), 3L(20,5,Z,3)d	31.0K	CN	W	33
7	S/R	5S(10,0,Z,50)	46.0K	CN	W	50
8	S/R	1S(10,0,Z,10), 3L(24.0,Z,3)d	40.0K	CN	W	13
9	S/R	3S(8.5,Z,30), 3L(19.0,Z,3)d	28.5K	CN	YB	33
10	S/R	1S(7.5,Z,10), 1S(17.5,Z,1)	36.0K	CN	YB	11
11	S/R	3S(8.0,Z,30)	28.0U	CN	YB	30
12	S/R	2S(8.0,Z,20), 1S(17.5,Z,1)	33.0K	CN	YB	21
13	S/R	2S(7.0,Z,20), 5L(18.0,Z,5)d	25.0K	CN	YB	25
14	S/R	1S(7.0,Z,10), 2L(18.5,Z,2)d	31.0K	CN	YB	12
15	S/R	1S(7.0,Z,10), 3L(19.0,Z,3)d	26.0K	CN	YB	13
16	S/R	6L(16.0,Z,6)d	28.0K	CN	YB	6

Tabla 1. Registro del khipu RT-16095

Para evaluar la hipótesis, hemos extraído una muestra para fechados radiocarbónicos de cada nivel en esta “secuencia” (Figura 6), en el siguiente orden (cuerda principal, más antigua) 5 – 4 – 3 – 2 – 1 (cuerda subsidiaria, más reciente). La Tabla 2 presenta los resultados de los fechados radiocarbónicos, en la que el código ID representa la posición de la muestra en la secuencia de cuerdas de acuerdo a la Figura 6: (más antiguo) 5 – 4 – 3 – 2 – 1 (más reciente).

Por lo tanto, la calibración de estos fechados puede hacerse bajo distintos escenarios posibles: 1) sin modelamiento, 2) “combinado”, dado que son fechados obtenidos del mismo artefacto; 3) “fase”; si no funciona “combinado”, entonces “fase”, podría ser un modelo más conservador, pero que aún recoja la premisa de que los fechados son cercanos en el tiempo; 4) “secuencia”, es decir, poner a prueba la hipótesis que los fechados forma una secuencia equivalente al orden en el que las cuerdas han sido añadidas en el tiempo. La secuencia sería: (más antiguo) 5 – 4 – 3 – 2 – 1 (más reciente), es decir WK46951 – 52 – 53 – 54 – WK46955.

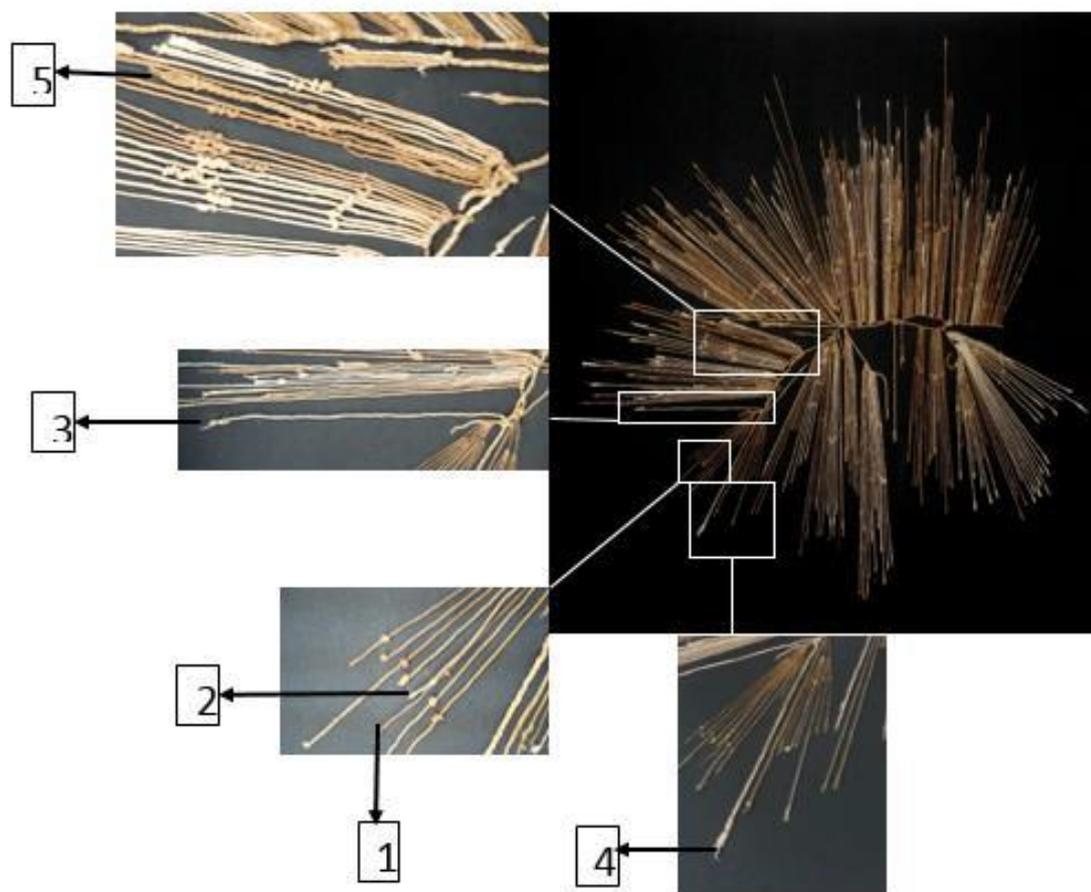


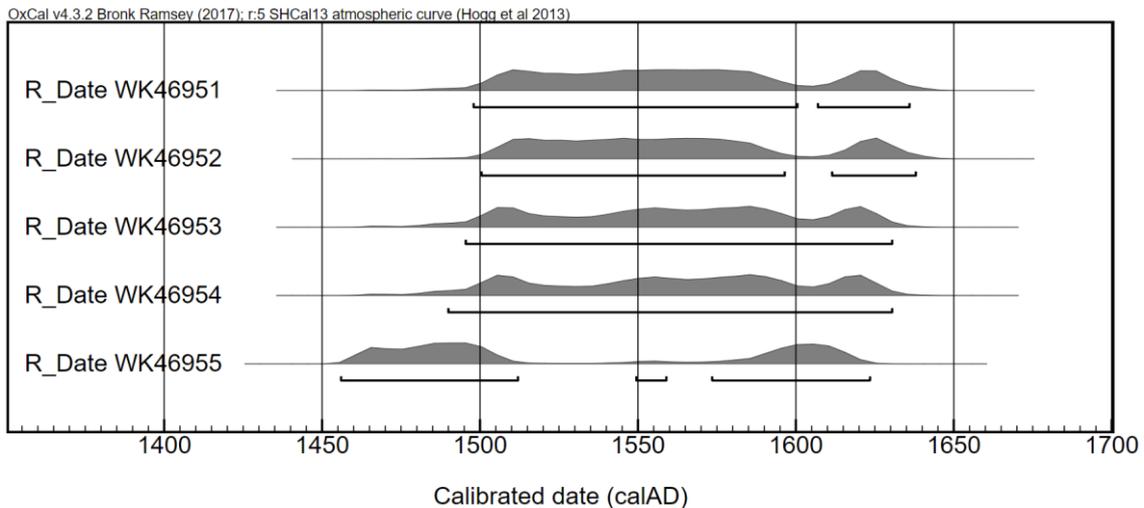
Figura 6

I D	WK	Site	Cod e	Mater ial	dC13	F14C %	Da te BP	Err or
5	WK46 951	MNAA HP	RT- 016905	Algod ón	95.6± 0.2		35 8	18
4	WK46 952	MNAA HP	RT- 016905	Algod ón	95.7± 0.2		35 3	16
3	WK46 953	MNAA HP	RT- 016905	Algod ón	95.5± 0.2		36 8	16
2	WK46 954	MNAA HP	RT- 016905	Algod ón	95.5± 0.2		37 0	16
1	WK46 955	MNAA HP	RT- 016905	Algod ón	95.1± 0.2		40 3	17

Tabla 2. Fechados radiocarbónicos obtenidos del khipu RT-16095

A continuación, la presentación de los resultados del modelamiento bayesiano de acuerdo a cada escenario.

## Primer escenario: sin modelamiento

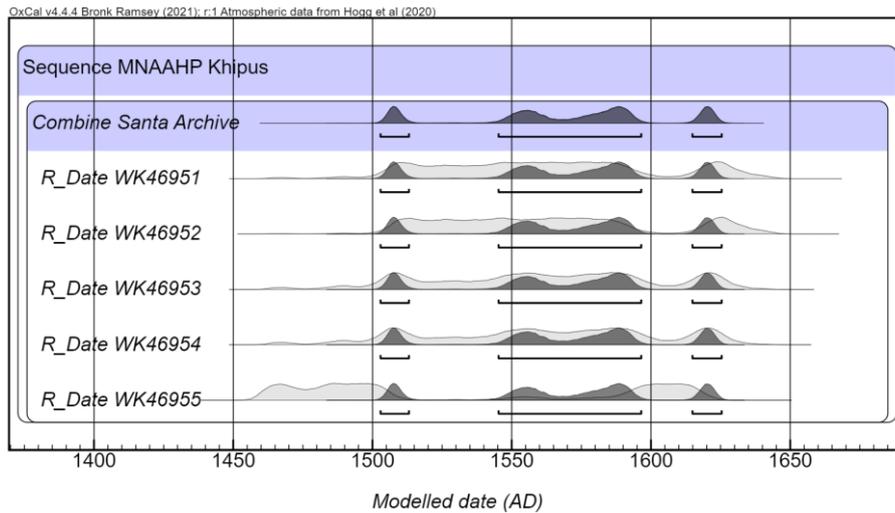


Una opción es no modelar, como hicieron Cherkinsky y Urton (2014), y tratar cada fechado en forma individual, sin tomar en cuenta la información de contexto. Como se puede ver, bajo esta perspectiva, es demasiado amplia la distribución de probabilidades de los fechados, entre 1500 y 1670. El fechado WK46955 prácticamente se descarta, pues es casi imposible interpretar un fechado multimodal como éste: Las probabilidades de que la fecha real sean de la segunda mitad del siglo XV o de inicios del siglo XVII son similares.

## Segundo escenario: Combinación

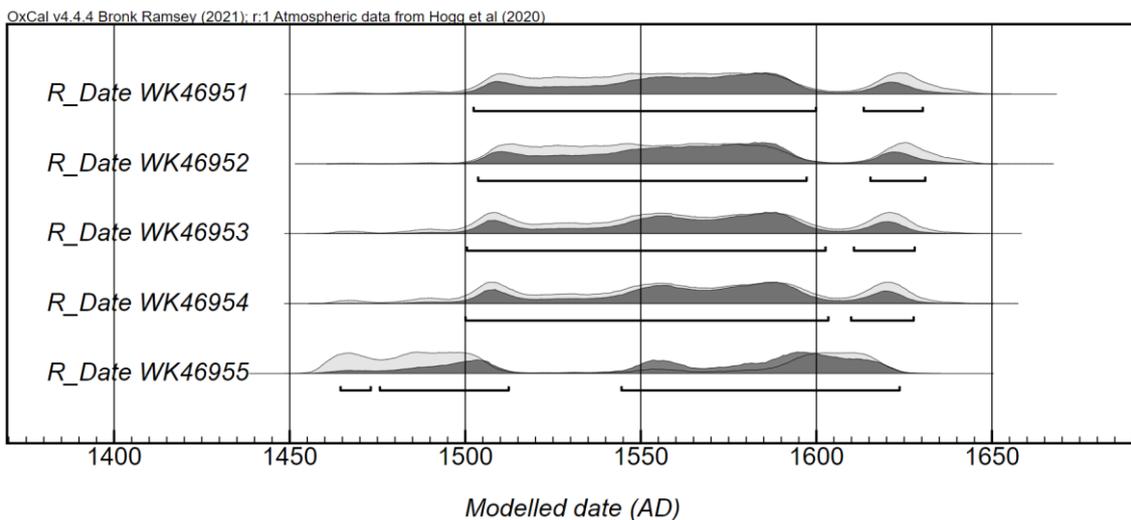
Name	Unmodelled (BC/AD)		Modelled (BC/AD)		Indices $A_{model}=71.8$ $A_{overall}=77.1$			Controls				
	from_95.4	to_95.4	from_95.4	to_95.4	$A_{comb}$	A	L	P	C	Select	Page	Edit
▼ Sequence MNAHP Khipus										<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/>	
Boundary Start Santa khipus			1276	1616						95.2 <input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/>	
▼ Combine Santa Archive	1502	1625	1502	1625	77.3					99.5 <input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/>	
R_Date WK46951	1500	1639	1502	1625		108.1				99.5 <input checked="" type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/>	
R_Date WK46952	1503	1639	1502	1625		95.4				99.5 <input checked="" type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/>	
R_Date WK46953	1487	1632	1502	1625		123.5				99.5 <input checked="" type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/>	
R_Date WK46954	1486	1631	1502	1625		125.3				99.5 <input checked="" type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/>	
R_Date WK46955	1456	1623	1502	1625		35				99.5 <input checked="" type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/>	
	Warning! Poor agreement - A= 35.0%(A'c= 60.0%)											
Boundary End Santa khipus			1508	1826						95.3 <input checked="" type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/>	

Dado que todos estos fechados pertenecen al mismo khipu, en este escenario asumimos que no hay cronología interna, que todo es resultado de un solo proceso de manufactura, y por lo tanto podemos combinarlos, al tratarse de múltiples muestras de un solo objeto. Según los resultados, la única forma en que estos fechados pueden combinarse es asumiendo distribuciones de probabilidades multimodales y sumamente amplias. Además, WK46955 retorna una advertencia de error, por una coherencia muy baja con el modelo (valor 35 en la columna A, que significa “agreement”; la literatura recomienda que ese valor sea superior a 60).



### Tercer escenario: Una “fase”

Name	Unmodelled (BC/AD)		Modelled (BC/AD)		Indices A <sub>model</sub> =94.2 A <sub>overall</sub> =97.3			Controls					
	from_95.4	to_95.4	from_95.4	to_95.4	A <sub>comb</sub>	A	L	P	C	Select	Page	Edit	
Sequence MNAAHP Khipus										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Boundary Start Santa khipus			1415	1622					95.7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Phase Santa Archive										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
R_Date WK46951	1500	1639	1502	1630		105			99.5	<input checked="" type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	
R_Date WK46952	1503	1639	1503	1631		101.5			99.5	<input checked="" type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	
R_Date WK46953	1487	1632	1500	1628		108.3			99.4	<input checked="" type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	
R_Date WK46954	1486	1631	1500	1627		108.6			99.4	<input checked="" type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>	
R_Date WK46955	1456	1623	1464	1623		75			99.3	<input checked="" type="checkbox"/>	9	<input type="checkbox"/>	
Boundary End Santa khipus			1505	1693					97.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		



Podemos ser conservadores, y tratar los fechados como una “fase”, es decir, hay una variedad cronológica, pero no es muy grande. Es casi como no modelar, y efectivamente, el resultado es aceptable estadísticamente, pero no aporta a la interpretación de este khipu complejo y, en nuestra hipótesis, multinivel. Como se puede ver en los resultados, la única forma en que estos fechados, pese a ser del mismo khipu, formen parte de una misma fase

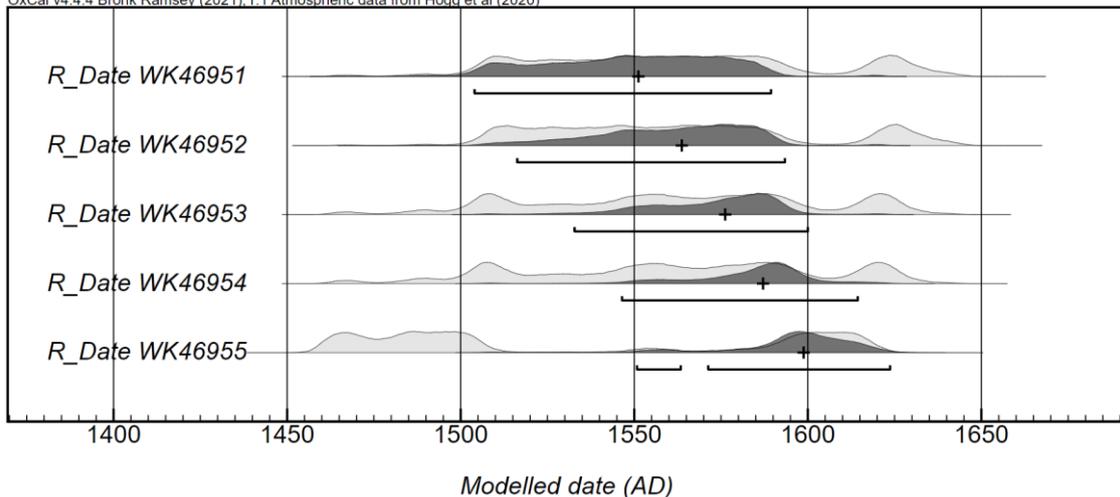
es asumiendo distribuciones de probabilidades amplias, de 1500 a 1630 AD. WK46955, nuevamente, es imposible de interpretar, con una distribución multimodal por casi dos siglos, desde el periodo Inca temprano hasta el siglo XVII.

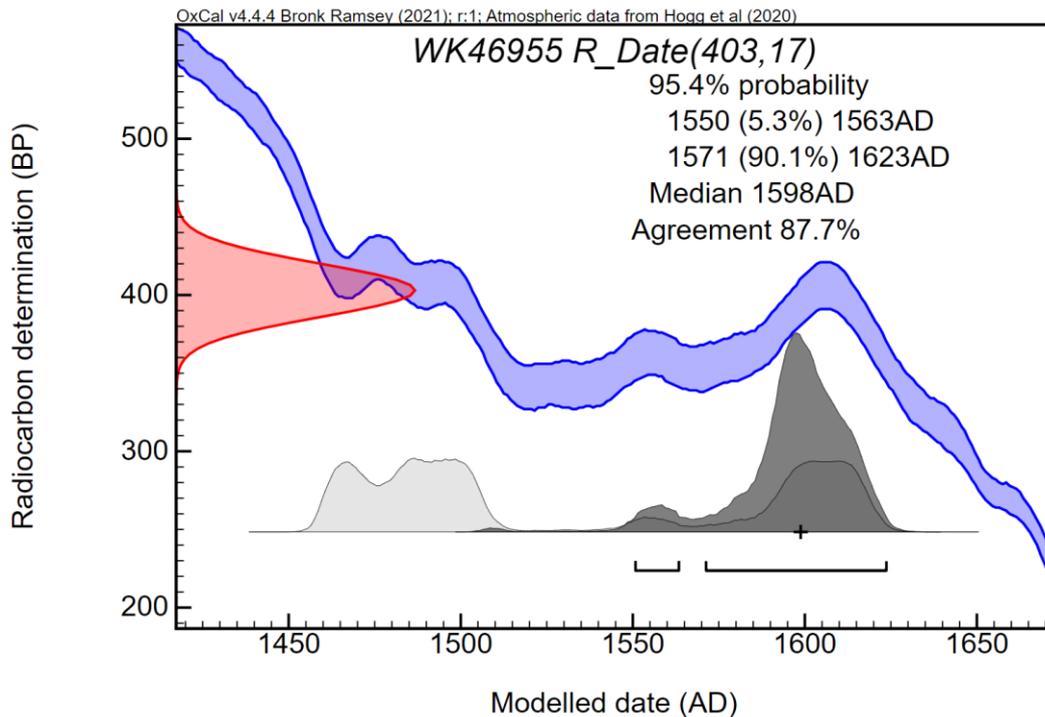
**Cuarto escenario: la hipótesis de una cronología interna**

En este escenario, los fechados obtenidos a lo largo de una “secuencia” de cuerdas pendientes, cada una añadida sobre la otra tras un intervalo de tiempo variable, reflejarían la cronología interna de este khipu multinivel, organizado en forma dendrítica. Es muy alta la coherencia general del modelo. Se reduce la distribución de probabilidades para la mayoría de fechados, todos dejaron de ser multimodales y tienen índices de coherencia (valor A) con el modelo muy altos. Especialmente interesante es el caso de WK46955, que pasa de ser no interpretable a tener un buen fechado, con más de 90% de probabilidad entre 1571-1623, y una coherencia alta con el modelo.

Name	Unmodelled (BC/AD)	Modelled (BC/AD)	Indices A <sub>model</sub> =118.3 A <sub>overall</sub> =117.3				Controls					
	from_95.4	to_95.4	from_95.4	to_95.4	A <sub>comb</sub>	A	L	P	C	Select	Page	Edit
▼ Sequence MNAAHP										<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/>	
Boundary Start Khipu RT16095			1435	1593					96.7	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/>	
▼ Sequence Khipu RT16095										<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/>	
R_Date WK46951	1500	1639	1504	1589		109.2			99.3	<input checked="" type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/>	
R_Date WK46952	1503	1639	1516	1593		108.9			99.6	<input checked="" type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/>	
R_Date WK46953	1487	1632	1532	1600		118.6			99.8	<input checked="" type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/>	
R_Date WK46954	1486	1631	1546	1614		115.4			99.8	<input checked="" type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/>	
R_Date WK46955	1456	1623	1550	1623		87.7			99.8	<input checked="" type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/>	
Boundary End Khipu RT16095			1548	1697					97.9	<input checked="" type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/>	

OxCal v4.4.4 Bronk Ramsey (2021); r:1 Atmospheric data from Hogg et al (2020)





En conclusión, la mejor interpretación, con holgura, es que el khipu RT16095 contiene una cronología interna. ¿Pero, es posible mejorar esta cronología si usamos premisas adicionales? Pese a que el khipu RT-16095 no tiene información de contexto, ¿es posible usar los fechados radiocarbónicos para evaluar si es Inca, Colonial o abarca ambos periodos? Por lo tanto, presentamos dos escenarios adicionales, dependiendo si el khipu es Inca o Colonial.

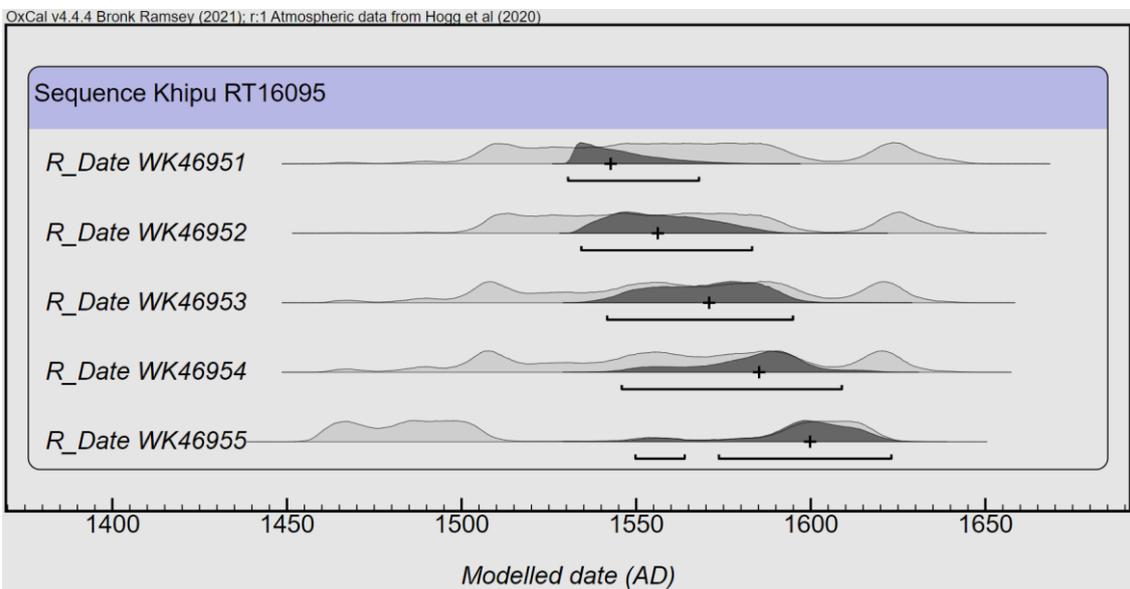
### Quinto escenario: Un Khipu Inca

Name	Unmodelled (BC/AD)	Modelled (BC/AD)	Indices $A_{model}=19.5$ $A_{overall}=20$	Controls
	m from_95.4 to_95.4 m	from_95.4 to_95.4	$A_{comb}$ A L P C	Select Page Edit
			Warning! Poor agreement - A= 20.0%(A'c= 60.0%) Warning! Poor agreement - A= 19.5%(A'c= 60.0%)	
▼ Sequence MNAHP				<input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Boundary Start Khipu RT16095		1512 1482 1533		96.1 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
▼ Sequence Khipu RT16095				<input checked="" type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
R_Date WK46951	1560 1500 1639	1516 1500 1532	94.6	98.7 <input checked="" type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
R_Date WK46952	1559 1503 1639	1520 1505 1532	102.8	99 <input checked="" type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
R_Date WK46953	1563 1487 1632	1523 1508 1532	75.3	99.3 <input checked="" type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
R_Date WK46954	1564 1486 1631	1527 1511 1533	65.9	99.6 <input checked="" type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
R_Date WK46955	1502 1456 1623	1530 1516 1534	4	99.9 <input checked="" type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
			Warning! Poor agreement - A= 4.0%(A'c= 60.0%)	
▼ Boundary End Khipu RT16095	1532 1530 1534	1532 1530 1534	100.7	99.9 <input checked="" type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
C_Date(1532,1)	1532 1530 1534			<input checked="" type="checkbox"/> 11 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

El modelo es rechazado. Esto se podía anticipar pues, según el modelo anterior, los fechados WK46953, 54 y 55, por ejemplo, fechan claramente al periodo post-Conquista. Por otro lado, la distribución de probabilidades de los fechados WK46951 y 52 es más amplia, abarcando todo el siglo XVI; sin embargo, el pico de ambas distribuciones es post-Conquista. Por lo tanto, ahora evaluaremos el siguiente escenario, que el khipu sea de época Colonial.

## Sexto escenario: un khipu colonial

Name	Unmodelled (BC/AD)		Modelled (BC/AD)				Indices $A_{model}=118.2$ $A_{overall}=117.2$			Controls				
	m	from_95.4 to_95.4	m	from_95.4	to_95.4	to_95.4	$A_{comb}$	A	L	P	C	Select	Page	Edit
▼ Sequence MNAAHP												<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
▼ Boundary Start Khipu RT16095	1532	1530	1534	1532	1529	1534		99.8			99.9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
C_Date(1532,1)	1532	1530	1534									<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
▼ Sequence Khipu RT16095												<input checked="" type="checkbox"/>	5	
R_Date WK46951	1560	1500	1639	1542	1530	1568		107.9			99.9	<input checked="" type="checkbox"/>	6	
R_Date WK46952	1559	1503	1639	1556	1534	1583		112.2			99.8	<input checked="" type="checkbox"/>	7	
R_Date WK46953	1563	1487	1632	1570	1541	1594		119			99.7	<input checked="" type="checkbox"/>	8	
R_Date WK46954	1564	1486	1631	1585	1545	1608		115.4			99.8	<input checked="" type="checkbox"/>	9	
R_Date WK46955	1502	1456	1623	1599	1549	1623		88.9			99.6	<input checked="" type="checkbox"/>	10	
Boundary End Khipu RT16095				1613	1548	1682					97.4	<input checked="" type="checkbox"/>	11	

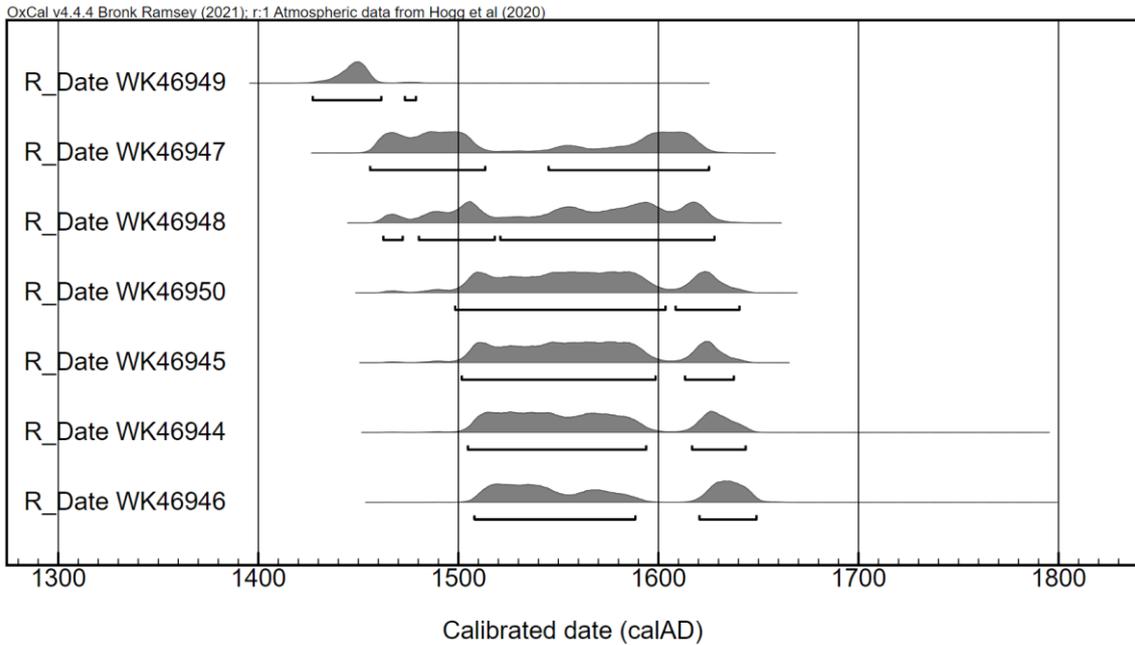


Este modelo es claramente superior. Las distribuciones de probabilidades no son multimodales ni amplias y los valores de convergencia son altos. Por lo tanto, se concluye que el khipu RT-16095 del MNAAHP es de manufactura Colonial.

**b. Khipus de Puruchuco**

Los khipus de Puruchuco no son hallazgos aislados, sino de un contexto arqueológico, además han formado parte de un análisis que afirma que en conjunto constituyen una jerarquía de información contable dentro de la administración Inca (Brezine y Villacorta 2020). Por su procedencia segura, y por la demostrada relación entre ellos como parte de un sistema de contabilidad, es razonable proponer que estos khipus son contemporáneos entre sí. Por lo tanto, es posible contrastar esta hipótesis frente a la alternativa (que tienen fechas diferentes), y evaluar cuál es el escenario más probable estadísticamente.

**Primer escenario: Sin modelamiento**

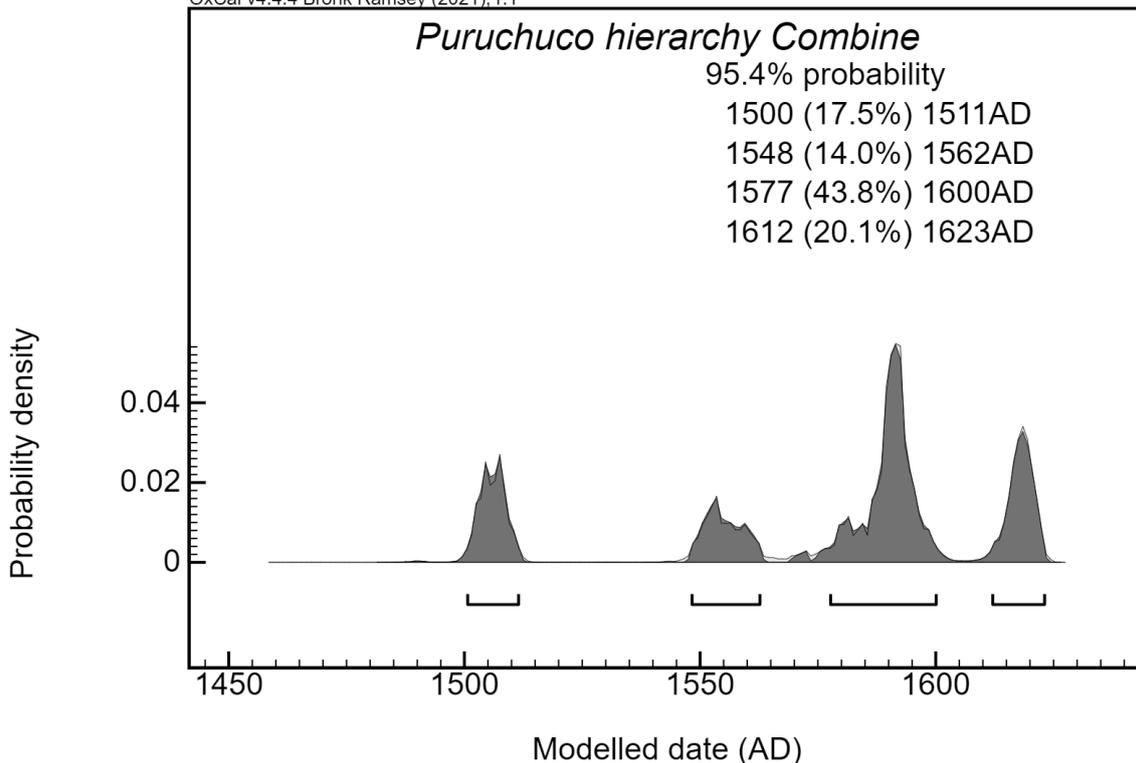
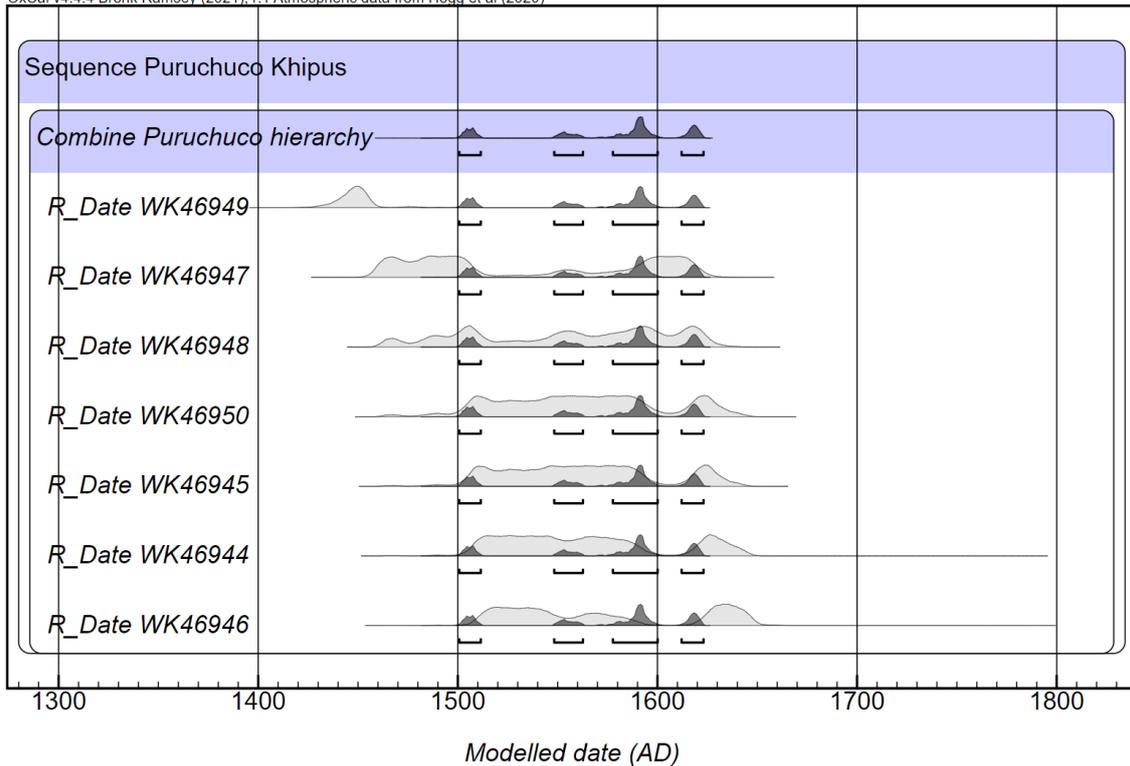


Los ya conocidos problemas de la calibración en el método radiocarbónico (distribuciones muy amplias y multimodales) se pueden observar aquí. Asimismo, WK46949 sería mucho más temprano que el resto. ¿Puede ser esta khipu anterior al resto? Si fuera así, sería una contradicción al modelo de jerarquía contable de Brezine.

**Segundo escenario: Combinación**

Si estos khipus forman un sistema jerárquico de contabilidad, entonces podrían ser todos contemporáneos entre sí.

Name	Unmodelled (BC/AD)	Modelled (BC/AD)	Indices	Controls
	from_95.4 to_95.4	from_95.4 to_95.4	A <sub>model</sub> =1.1 A <sub>overall</sub> =2.5 A <sub>comb</sub> A L P C	Select Page Edit
Sequence Puruchuco Khipus			Warning! Poor agreement - A= 2.5%(A/c= 60.0%) Warning! Poor agreement - A= 1.1%(A/c= 60.0%)	<input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Boundary Start Puruchuco hierarchy		1287 1617		<input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Combine Puruchuco hierarchy	1500 1623	1500 1623	2.5	<input checked="" type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
R_Date WK46949	1427 1478	1500 1623		<input checked="" type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
R_Date WK46947	1455 1625	1500 1623	77.8	<input checked="" type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
R_Date WK46948	1462 1628	1500 1623	133.7	<input checked="" type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
R_Date WK46950	1498 1640	1500 1623	97.3	<input checked="" type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
R_Date WK46945	1501 1637	1500 1623	84.1	<input checked="" type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
R_Date WK46944	1504 1643	1500 1623	59.5	<input checked="" type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
R_Date WK46946	1508 1649	1500 1623	29.9	<input checked="" type="checkbox"/> 11 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Boundary End Puruchuco hierarchy		1506 1801		<input checked="" type="checkbox"/> 12 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>



Como podemos observar, aplicar el comando “combinar” nos da resultados que fuertemente contradicen este escenario. La coherencia general del modelo es tan sólo 2.5%, y la mitad de los fechados tiene una coherencia muy baja con el modelo. Los gráficos de distribución de probabilidades muestran distribuciones multimodales, con una mayor probabilidad (44%) entre 1577 y 1600 AD, pero con más de un 50% distribuido de forma equitativa entre fechados Inca y del siglo XVI o XVII.

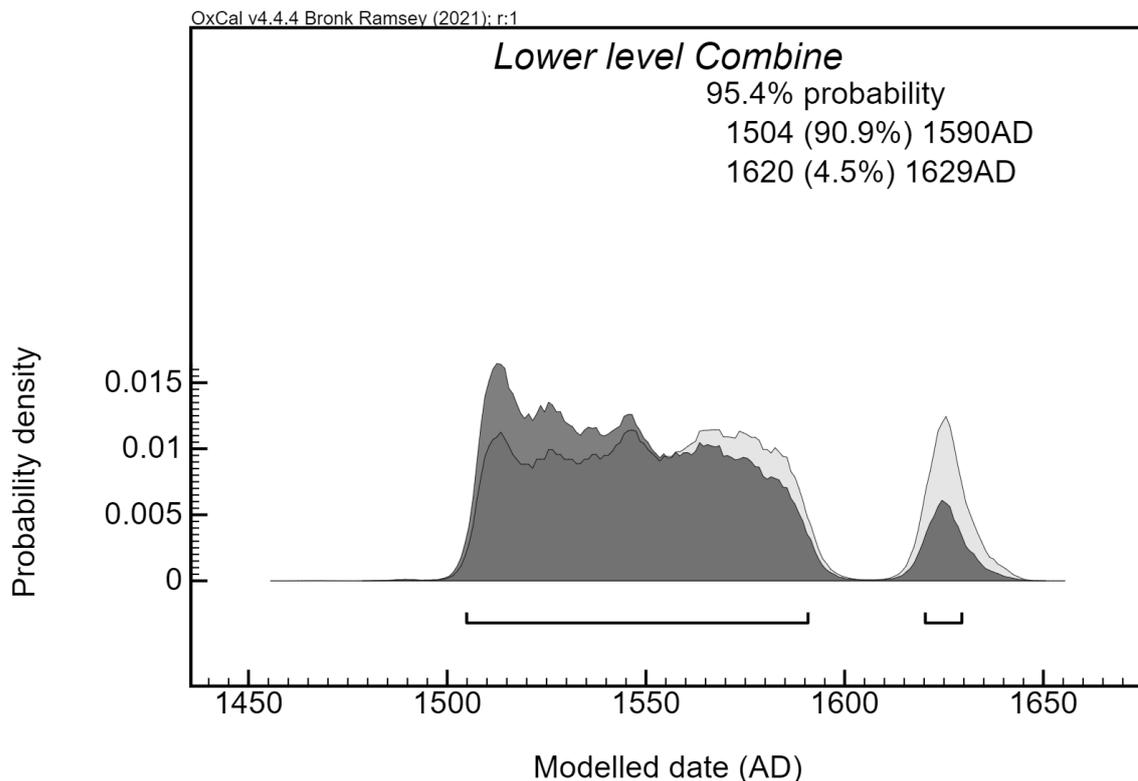
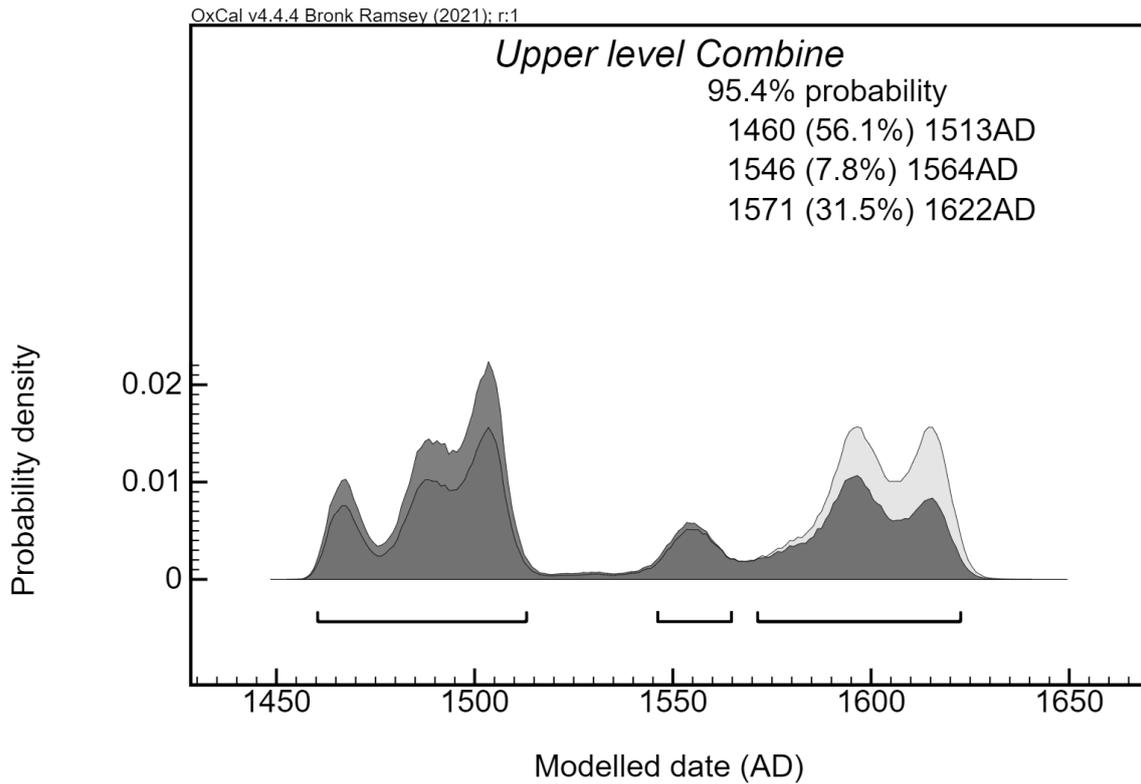
### Tercer escenario: Un sistema de contabilidad jerárquico

En el modelo de Brezine, los khipus de Puruchuco forman una jerarquía contable, con diferentes niveles, donde los niveles superiores contienen números que son la suma de los valores de los nudos en las cuerdas de los niveles inferiores. En este modelo, todos estos khipus podrían ser más o menos contemporáneos entre sí, y por lo tanto parte de una sola fase, pero los quipus dentro de cada nivel tendrían que estar más cerca entre sí en cuanto a la fecha. Por lo tanto, nuestro modelo de la jerarquía contable combina las fechas de los quipus en el mismo nivel y considera los tres niveles como contemporáneos entre sí.

Name	Unmodelled (BC/AD)		Modelled (BC/AD)		Indices			Controls		
	from_95.4	to_95.4	from_95.4	to_95.4	A <sub>comb</sub>	A	L P C	Select	Page	Edit
▼ Sequence Puruchuco Khipus										
Boundary Start Puruchuco hierarchy			1239	1620				97.2	3	
▼ Phase Puruchuco										
▼ Combine Puruchuco hierarchy lower level	1506	1633	1505	1632	108.7			99.6	5	
R_Date WK46950	1498	1640	1505	1632			108.8	99.6	6	
R_Date WK46944	1504	1643	1505	1632			96.9	99.6	7	
▼ Combine Puruchuco hierarchy middle level	1463	1623	1487	1622	1			99.7	8	
	Warning! X-Test fails at 5% - Puruchuco hierarchy middle level X2-Test: df=2 T=23.197(5% 6.0)									
	Warning! Poor agreement - A= 5.0%(Ac= 60.0%)									
R_Date WK46949	1427	1478	1487	1622			0.3	99.7	9	
	Warning! Poor agreement - A= 0.3%(Ac= 60.0%)									
R_Date WK46945	1501	1637	1487	1622			55.9	99.7	10	
	Warning! Poor agreement - A= 55.9%(Ac= 60.0%)									
R_Date WK46946	1508	1649	1487	1622			18.3	99.7	11	
	Warning! Poor agreement - A= 18.3%(Ac= 60.0%)									
▼ Combine Puruchuco hierarchy upper level	1460	1624	1464	1624	104.9			99.7	12	
R_Date WK46947	1455	1625	1464	1624			95.4	99.7	13	
R_Date WK46948	1462	1628	1464	1624			115	99.7	14	
Boundary End Puruchuco hierarchy			1504	1867				98.2	15	

Una primera versión arroja una coherencia general muy pobre y varias advertencias para fechas individuales. Un análisis más detallado revela que el problema se origina en WK 46949, que tiene una concordancia de sólo 0,3% con la propuesta de que puede combinarse con otros khipus en ese nivel. Por lo tanto, la siguiente versión elimina este khipu de la combinación, pero lo deja como parte de la fase a la que pertenecen estos khipu, según el modelo.

Name	Unmodelled (BC/AD)		Modelled (BC/AD)		Indices			Controls		
	from_95.4	to_95.4	from_95.4	to_95.4	A <sub>comb</sub>	A	L P C	Select	Page	Edit
▼ Sequence Puruchuco Khipus										
Boundary Start Puruchuco hierarchy			1131	1487				97.9	3	
▼ Phase Puruchuco										
R_Date WK46949	1427	1478	1426	1608			95.2	99.6	5	
▼ Combine Upper level	1460	1624	1460	1622	104.9			99.5	6	
R_Date WK46947	1455	1625	1460	1622			101.1	99.5	7	
R_Date WK46948	1462	1628	1460	1622			100.4	99.5	8	
▼ Combine Middle level	1508	1637	1507	1632	99.2			99.5	9	
R_Date WK46945	1501	1637	1507	1632			104.5	99.5	10	
R_Date WK46946	1508	1649	1507	1632			97.2	99.5	11	
▼ Combine Lower level	1506	1633	1504	1629	108.7			99.6	12	
R_Date WK46950	1498	1640	1504	1629			108	99.6	13	
R_Date WK46944	1504	1643	1504	1629			105.7	99.6	14	
Boundary End Puruchuco hierarchy			1514	1925				96.6	15	



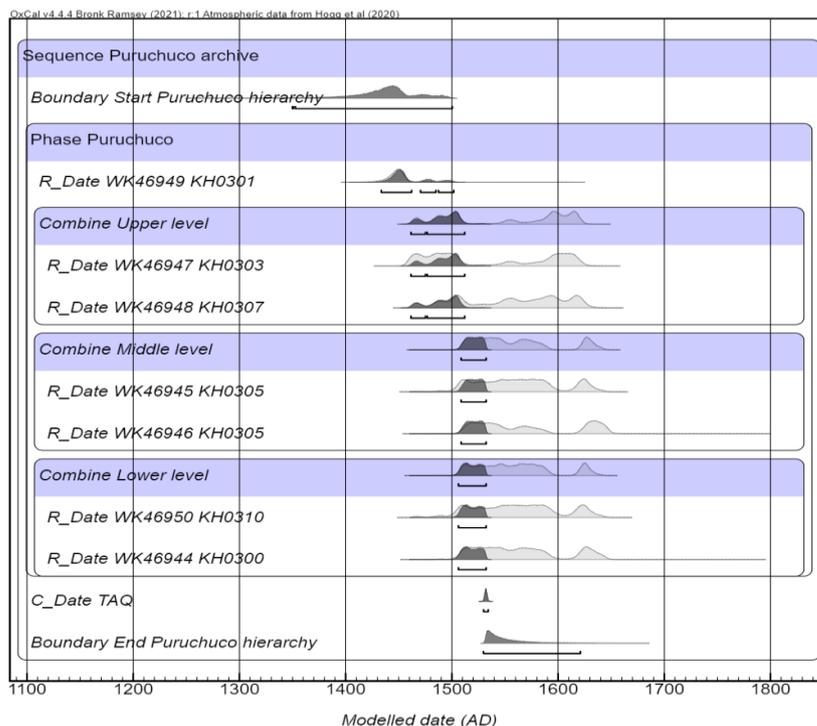
El modelo en general, así como todas las fechas individuales, tienen altos índices de concordancia. Considerar WK46949 como parte de la fase, pero no necesariamente cercano en fecha con otros khipus del mismo nivel, también está bien respaldado. Cada combinación de fechas dentro del mismo nivel también recibe respaldo de los altos índices de concordancia. La multimodalidad de la distribución de probabilidad en las fechas de nivel superior dificulta la interpretación de su cronología, aunque la

probabilidad más alta (56,1%) es que sea más antigua que los otros dos grupos, más cercana en el tiempo a WK46949.

### Cuarto escenario: Un sistema de contabilidad jerárquico de época Inca

Se puede incorporar más información contextual al modelo. El sitio de Puruchuco está fechado en el período Inca. Las tumbas y el edificio con el que se asocia este hallazgo también son del Horizonte Tardío. El estilo de la vasija en la que se encontraron los khipus es del Horizonte Tardío. Los estilos cerámicos continuaron durante décadas después de la conquista española, pero al menos en este caso, todo lo que sabemos apunta a una fecha relativa del Horizonte Tardío (Brezine y Villacorta 2020). Es decir, podemos introducir un *terminus ante quem* de 1532 d. C.

Name	Unmodelled (BC/AD)		Modelled (BC/AD)		Indices A <sub>model</sub> =99.8 A <sub>overall</sub> =101.1				Controls					
	from_95.4	to_95.4	from_95.4	to_95.4	A <sub>comb</sub>	A	L	P	C	Select	Page	Edit		
▼ Sequence Puruchuco archive										<input checked="" type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Boundary Start Puruchuco hierarchy			1349	1500						96.3	<input checked="" type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
▼ Phase Puruchuco											<input checked="" type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R_Date WK46949 KH0301	1427	1478	1433	1501		82.3				99	<input checked="" type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
▼ Combine Upper level	1460	1624	1461	1512	104.9					99.5	<input checked="" type="checkbox"/>	6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R_Date WK46947 KH0303	1455	1625	1461	1512		113.6				99.5	<input checked="" type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R_Date WK46948 KH0307	1462	1628	1461	1512		90.7				99.5	<input checked="" type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
▼ Combine Middle level	1508	1637	1508	1532	99.2					99.6	<input checked="" type="checkbox"/>	9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R_Date WK46945 KH0305	1501	1637	1508	1532		99.6				99.6	<input checked="" type="checkbox"/>	10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R_Date WK46946 KH0305	1508	1649	1508	1532		111.2				99.6	<input checked="" type="checkbox"/>	11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
▼ Combine Lower level	1506	1633	1506	1532	108.7					99.6	<input checked="" type="checkbox"/>	12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R_Date WK46950 KH0310	1498	1640	1506	1532		100.1				99.6	<input checked="" type="checkbox"/>	13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R_Date WK46944 KH0300	1504	1643	1506	1532		109.7				99.6	<input checked="" type="checkbox"/>	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C_Date TAQ	1530	1534	1529	1534		100.1				99.9	<input checked="" type="checkbox"/>	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Boundary End Puruchuco hierarchy			1529	1621						98.7	<input checked="" type="checkbox"/>	16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Este modelo produce resultados con una coherencia muy alta, tanto en general como para fechas individuales. Produce rangos de fechas que son una fracción de los que no se modelaron. Por ejemplo, KH0310 va de 1498-1640 (142 años) a 1506-1532 (26 años). Obviamente, una gran parte de la caída se debe al TAQ, pero esto refuerza una tendencia que ya se había observado antes de aplicarlo, y por supuesto no es aleatoria, sino que está impulsada por la información arqueológica.

Estos resultados también resaltan un patrón observado en la versión anterior: mientras que los khipus de nivel inferior y medio estarían muy cerca entre sí en cuanto a la fecha, los khipus de nivel superior son consistentes con ser parte de la misma fase, pero también unas décadas más antiguos. En el modelo de jerarquía contable, los khipus de nivel superior eran resúmenes de la información contenida en niveles anteriores o instrucciones enviadas desde un centro administrativo más grande. Esto último sería congruente con la datación anterior, si dichos khipus se enviaran de un lado a otro a lo largo del tiempo.

## **5. Acciones de conservación preventiva**

Las muestras para fechados radiocarbónicos fueron transportadas dentro de frascos pequeños de plástico, debidamente cerrados y etiquetados. El análisis para obtener un fechado es destructivo; por lo tanto, no se realizó acciones de conservación preventiva.

## **6. Conclusiones y recomendaciones**

Tanto para el khipu RT-16095 del MNAAHP como para los khipus de la “jerarquía contable” de Puruchuco, el modelamiento Bayesiano de sus fechados radiocarbónicos y de la información contextual, técnica y/o estilística existente permitió establecer con alta precisión las fechas de manufactura de estos khipus. Se recomienda difundir los resultados y profundizar este tipo de estudios con khipus de otras colecciones.

## **7. Equipo de investigación y responsabilidades**

El proyecto es dirigido por el Lic. Alcides Ricardo Álvarez Vera, con número de colegiatura COARPE 040131. Cuenta con la participación como asesores científicos del Dr. Ivan Ghezzi y la Dra. Dominika Siczowska, arqueólogos especializados en arqueometría, específicamente en temas del método radiocarbónico, y el Mag. Manuel Medrano, matemático e historiador especializado en el estudio de los khipus.

## **8. Inventario de bienes culturales muebles investigados**

El proyecto se centró en seleccionar khipus de acuerdo a ciertos atributos que los hacen óptimos al análisis bayesiano, que combina fechados radiocarbónicos con información de contexto, técnico y/o estilística (Tabla 3).

En el primer caso, son siete (07) muestras de seis (06) khipus en la Colección Textil del Museo de Sitio Arturo Jiménez Borja, Puruchuco, cuyos códigos OKR (Repositorio Abierto de Khipus, <https://zenodo.org/record/6908343>) son KH0300, KH0301, KH0303, KH0304, KH0305, y KH0310. Estos khipus forman parte de un importante hallazgo en el sitio arqueológico Puruchuco, ubicado en la margen sur del río Rímac, en el distrito de Ate, Lima. Durante los trabajos de restauración dirigidos por Arturo Jiménez Borja en el sitio entre 1953 y 1960, se encontró bajo el piso de una pequeña estructura anexa al edificio principal, el llamado “Palacio de Puruchuco”, un conjunto de veintidós (22) khipus, y algunas cuerdas sueltas, dentro de una olla de cerámica tapada con un mate pequeño. Se trataba de una de las ofrendas asociadas a un mausoleo Inca intacto que contenía tres fardos funerarios (Brezine y Villacorta 2020). Por la ubicación de la estructura anexa, directamente asociada al palacio, Mackey (1970) interpretó más bien que se trataba de la vivienda de un *khipukamayuq* que servía al señor del palacio. Aunque no haya un consenso sobre la interpretación, es claro que se trata de un “archivo”, es decir, un conjunto de khipus contemporáneos entre sí cuya información está interrelacionada.

En otro caso, se extrajeron cinco (05) muestras del mismo khipu, con RNI 0000121016 y código de propietario RT-016905, de la colección del Museo Nacional de Antropología, Arqueología e Historia del Perú. En la base de datos de la colección textil del museo solo se indica que este complejo ejemplar es un decomiso, sin procedencia.

<b>Muestra</b>	<b>Museo</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Sitio</b>	<b>Cod. OKR</b>	<b>Cód. Museo</b>	<b>Cód. Acta</b>	<b>Otros cód.</b>	<b>Material</b>	<b>Color</b>
1	Museo de Sitio Arturo Jimenez Borja - Puruchuco	Lima	Puruchuco	KH0300	T3466	1	UR63, RN 252955	Algodón	Blanco
2	Museo de Sitio Arturo Jimenez Borja - Puruchuco	Lima	Puruchuco	KH0305	T3467	2	UR68, RN 147550	Camélido	Rojo
3	Museo de Sitio Arturo Jimenez Borja - Puruchuco	Lima	Puruchuco	KH0305	T3467	3	UR68, RN 147550	Algodón	Blanco
4	Museo de Sitio Arturo Jimenez Borja - Puruchuco	Lima	Puruchuco	KH0303	T4304	4	UR66, RN 252956	Algodón	Marrón
5	Museo de Sitio Arturo Jimenez Borja - Puruchuco	Lima	Puruchuco	KH0304	T4305	5	UR67	Algodón	Blanco
6	Museo de Sitio Arturo Jimenez Borja - Puruchuco	Lima	Puruchuco	KH0301	T4307	6	UR64	Algodón	Azul
7	Museo de Sitio Arturo Jimenez Borja - Puruchuco	Lima	Puruchuco	KH0310	T4664	7	UR73	Algodón	Marrón
8	MNAAHP	Lima	-	-	RT-016905	1	RN 0000121016	Algodón	Blanco
9	MNAAHP	Lima	-	-	RT-016905	2	RN 0000121016	Algodón	Blanco
10	MNAAHP	Lima	-	-	RT-016905	3	RN 0000121016	Algodón	Blanco
11	MNAAHP	Lima	-	-	RT-016905	4	RN 0000121016	Algodón	Blanco
12	MNAAHP	Lima	-	-	RT-016905	5	RN 0000121016	Algodón	Blanco

*Tabla 3. Listado de muestras extraídas de los khipus de Puruchuco y MNAAHP.*

## **9. Medios de difusión de la investigación**

Los resultados de este proyecto han sido presentados en dos conferencias:

1. El seminario “Symmetry, Repetition, and Pattern Recognition in Andean Khipus”, organizado por Boundary End Archaeology Research Center y la Universidad de Washington, agosto 2023
2. Ciclo de conferencias del Museo Nacional de Arqueología, Antropología e Historia del Perú, octubre 2023
3. Reunión Anual del Institute of Andean Studies, enero 2024
4. Yale University Ancient Latinamerica Lecture Series, abril 2024
5. Ciclo de conferencias de la Galería Sanguinetti, Julio 2024

Asimismo, la presentación en el Seminario de agosto 2023 ha sido aceptada para publicación y se encuentra en la etapa final de edición. Se espera la publicación este año.

## 10. Bibliografía del proyecto

Ascher, Marcia, and Robert Ascher

1978. Code of the Quipu Databook. University Microfilms, Ann Arbor, Michigan.

Brezine, Carrie y Luis Felipe Villacorta

2020 La colección de khipus del Museo de Puruchuco. En *Khipus*, editado por Cecilia Pardo, pp. 63-69. Asociación Museo de Arte de Lima, Lima.

Cherkinsky, Alexander y Gary Urton

2014 Radiocarbon chronology of Andean khipus. *Open Journal of Archaeometry* 2(1).

Mackey, Carol J.

1970 *Knot Records in Ancient and Modern Peru*. Dissertation, University of California, Berkeley.

Medrano, Manuel

2021 *Quipus: Mil años de historia anudada en los Andes y su futuro digital*. PerúBreve. Planeta Perú, Lima.

Medrano, Manuel y Gary Urton

2018 Toward the decipherment of a set of mid-Colonial khipus from the Santa Valley, coastal Peru. *Ethnohistory* 65(1):1-23.

Ramsey, Christopher Bronk

2009 Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon* 51(1):337-360.

Salomon, Frank

2004 *The cord keepers: Khipus and cultural life in a Peruvian village*. Duke University Press.

## 11. Archivo fotográfico del proceso de trabajo y los bienes culturales muebles investigados

Se presenta dos fotos referenciales (Figuras 9 y 10), y vínculos duraderos al archivo fotográfico completo.

1. Archivo de fotos del trabajo realizado en Puruchuco: [Muestreo 19-9-23](#)



*Figura 7. Fotografía del khipu KH0300 de la colección textil del Museo de Sitio Arturo Jiménez Borja de Puruchuco.*

2. Archivo de fotos del trabajo realizado en el MNAAHP: [Fotos](#)



*Figura 8. Estudio del khipu con código RT-016905, de la colección del Museo Nacional de Antropología, Arqueología e Historia del Perú.*