

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**Análisis de la diversidad genética de la Colección de
Oxalis tuberosa Molina “oca” mantenida en el Centro
Internacional de la Papa, usando marcadores AFLP**

Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Biología

Jorge Andrés Biondi Thorndike

Lima, Perú

2006

DEDICATORIA

A mi familia en especial a mi tía Alicia por todo el apoyo, en todo sentido, que me otorgo en todo el tiempo de mi carrera y en la realización de este trabajo.

A mis padres Lucho y Beatriz por su paciencia y sabios consejos a lo largo de este tiempo.

A mis hermanos Luis, Neto, Guille y Nayo, por aguantarme y apoyarme en tiempos de adversidad.

A mi mama Chela por estar ahí cuando la necesitaba.

Al que en vida fue mi tío Manolo que siempre recuerdo todo su cariño.

A todos los amigos que me ayudaron.

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

A mi familia por todo el apoyo y paciencia que me dieron en el tiempo de realizar este trabajo.

Al Centro Internacional de la Papa.

A la Lic. Jessica Yactayo, por ayudarme en todo momento con sus consejos y con toda su amistad, y a la M.Sc. Giovanna Perazzo por enseñarme en mi primer contacto con materiales de laboratorio, y por que sin ellas no hubiera sido posible realizar este trabajo.

Al Dr. William Roca, quien me brindó la oportunidad de realizar este trabajo de investigación.

A la M.Sc. Genoveva Rossell, por enseñarme las técnicas moleculares y análisis requeridos para este experimento y por su asesoramiento durante los experimentos.

A la Lic. Cinthya Zorrilla por su apoyo, asesoramiento y amistad desde el inicio hasta la culminación de este trabajo.

Al Dr. Carlos Arbizu por sus opiniones y asesoramiento durante la realización y más aún en los resultados de este trabajo. A la Sra. Mariana Martin por su apoyo a la hora de hacer trámites en el CIP.

Al Dr. David Talledo profesor y asesor de la Universidad Ricardo Palma, por su paciencia al iniciar mis estudios en la carrera en citogenética y su asesoramiento. También agradezco al jurado revisor Dra. Lidia Cruz, Dr. Mauro Quiñónez y a la Blga. Flor de María Madrid por su paciencia.

A los Lic. Percy Rojas, Geoffrey Gonzáles, Rebeca Schibli por su asesoría los primeros días, por sus consejos a la hora de “adversidad” y sobre todo su amistad durante todo el periodo de experimentos. A los Lic. Carlos Merino, Lina Bernaola, Frank Gutiérrez por su apoyo y amistad durante el desarrollo de estos experimentos. Al técnico José Huamán por su paciencia los primeros días de armar vidrios y llenarlos, ayudarme con la preparación de reactivos y con la técnica de extracción de ADN. Sin olvidarme del técnico Joel Reyes que me ayudó al final de los experimentos.

A los técnicos Alex Barzola, Domingo Eusebio, Luciano Fernández por estar ahí cuando los necesitaba.

A mis amigos Tatiana Velásquez, Eduardo Palomino, Guillermo Quintanilla, Yesenia Chávez, Enrique Murillo y Germán Miranda que de una u otra manera me alentaron para seguir con mis metas.

Y por por último a todas y cada una de las personas que estuvieron cerca para darme consejos y ayudarme en el tiempo de trabajo.

RESUMEN

El ecosistema andino alberga más de 180 especies de plantas de uso económico y una variedad de climas y habitats llamadas eco- regiones, a lo largo de su extensión. La oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) es el tubérculo más importante en este ecosistema, después de la papa. En el presente trabajo se evaluó la diversidad genética y los patrones de diversidad geográfica de la colección de oca mantenida por el Centro Internacional de la Papa empleando marcadores AFLP. Esta colección presenta 585 accesiones provenientes de Argentina, Bolivia, Chile y Perú. Se evaluaron 7 combinaciones de iniciadores y se obtuvieron 175 marcadores polimórficos. El dendograma UPGMA mostró tres grupos principales, dos de ellos formados por ocas del Perú y el otro formado por ocas del sur del Perú, Argentina, Bolivia y Chile. En los tres grupos se encontraron accesiones del sur del Perú lo que afianzó la idea que la oca tiene su origen en esta zona. Los grupos moleculares identificados mostraron relación con la eco-región de la cual provienen: el grupo 1 y 3 se encuentran en la Puna húmeda y el grupo 2 en la Puna de los Andes centrales. El análisis de varianza molecular (AMOVA), la disimilaridad genética y la heterocigisidad indicaron que el Perú es el país con más diversidad entre las accesiones provenientes de la colección de oca del CIP.

ABSTRACT

The Andean ecosystem has more than 180 economically important plant species and a variety of climates and habitats called eco-regions, along its extension. The oca crop (*Oxalis tuberosa* Mol.) is the most important tuber, after potato, in this ecosystem. The genetic diversity and the geographic patterns of oca collection maintained in the International Potato Center were investigated in the present study using AFLP markers. This collection holds 585 accessions from Argentina, Bolivia, Chile and Peru. Seven primer combinations were tested; obtaining 175 polymorphic markers for genetic diversity analysis. The UPGMA dendrogram showed three main clusters, two including Peruvian oca and the other formed by oca from southern Peru, Argentina, Bolivia and Chile. Accessions from southern Peru were found in the three groups, supporting that the origin of oca is in this region. The molecular groups identified showed a relationship with the eco-region they come from: groups 1 and 3 are found in the Central Andean wet Puna and group 2 in Central Andean Puna. The molecular variance analysis (AMOVA), the genetic dissimilarity and the molecular heterozygosity indicated that Peru is the country with the greatest diversity among the CIP collection.

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
ÍNDICE.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
I. INTRODUCCIÓN	11
I. ANTECEDENTES.....	13
II. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1 MATERIALES	23
3.1.1 <i>Materiales biológicos</i>	23
3.1.2 <i>Reactivos</i>	24
3.1.3 <i>Equipos</i>	24
3.1.4 <i>Otros</i>	25
3.2 MÉTODOS	25
3.2.1 <i>Aislamiento del ADN genómico</i>	25
3.2.2 <i>Generación de marcadores AFLP</i>	26
3.2.3 <i>Análisis y evaluación de datos</i>	27
3.2.3.1 Registro de datos.	27
3.2.3.2 Análisis de agrupamiento.....	28
3.2.3.3 Análisis de la estructura genética de la población: Análisis de varianza Molecular (AMOVA) y distancia genética entre pares de poblaciones (Φ_{st})	29
3.2.3.4 Índice de diversidad genética de Nei.....	29
3.2.3.5 Análisis factorial de coordenadas principales (PCoA).....	29
3.2.3.6 Sistema de información geográfica	30
III. RESULTADOS	31
4.1 AISLAMIENTO DEL ADN GENÓMICO.....	31
4.2 GENERACIÓN DE MARCADORES AFLP.....	31
4.3 ANÁLISIS DE AGRUPAMIENTO.....	32
4.3.1 <i>Construcción del dendograma</i>	32

4.3.2	<i>Análisis factorial de coordenadas principales</i>	32
4.3.3	<i>Patrones geográficos de la diversidad genética</i>	33
4.3.4	<i>Promedios de disimilaridad genética por grupos geográficos</i>	33
4.3.5	<i>Análisis de Varianza Molecular (AMOVA)</i>	34
4.3.6	<i>Distancia genética (Φ_{st})</i>	34
4.3.7	<i>Análisis de diversidad genética promedio</i>	35
IV.	DISCUSIÓN	36
V.	CONCLUSIONES	39
VI.	RECOMENDACIONES	40
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
VIII.	ANEXOS	49
9.1	FIGURAS.....	49
9.2	TABLAS	55
IX.	APÉNDICE	72
10.2	APÉNDICE 1. TRADUCCIÓN AL ESPAÑOL DEL COMPENDIO DE HISTORIA DEL REYNO DE CHILE (1776) SOBRE LA PRIMERA DESCRIPCIÓN DE LA OCA <i>OXALIS TUBEROSA</i> POR DON GIOVANNI IGNACIO MOLINA.....	72
10.3	APÉNDICE 2. CUADRO PRESENTADO POR URRUNAGA EN SU PROYECTO “CONSERVACIÓN IN SITU DE CULTIVOS NATIVOS Y SUS PARIENTES SILVESTRES”, UNIVERSIDAD DEL CUZCO EN EL 2002.....	73
10.3	APÉNDICE 3. DENDOGRAMA REALIZADO CON EL PROGRAMA NTSYS.	74

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. LISTA DE ACCESIONES DE OCA DEL BANCO DE GERMOPLASMA, CIP.	55
TABLA 2. NÚMERO DE ACCESIONES POR PAÍS.....	68
TABLA 2. NÚMERO DE ACCESIONES POR PAÍS.....	68
TABLA 3. SECUENCIA DE LOS INICIADORES USADOS PARA LAS PRUEBAS DE AFLP.	69
TABLA 4. RESULTADOS DE LA COMBINACIÓN DE LOS INICIADORES.	69
TABLA 5. DISIMILARIDAD PROMEDIO DE CADA PAÍS.....	69
TABLA 6. DISIMILARIDAD PROMEDIO DE CADA ZONA DEL PERÚ.....	70
TABLA 7. ANÁLISIS DE VARIANZA MOLECULAR POR PAÍSES.....	70
TABLA 8. ANÁLISIS DE VARIANZA MOLECULAR DENTRO DEL PERÚ.....	70
TABLA 9. DISTANCIAS GENÉTICAS ENTRE OCAS PROVENIENTES DE PAÍSES.	71
TABLA 10. DISTANCIAS GENÉTICAS ENTRE OCAS DE LA ZONA DEL PERÚ.....	71
TABLA 12. PORCENTAJE DE HETEROZIGOCIDAD POR ZONAS DEL PERÚ.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: LUGARES DE COLECCIÓN DE LAS ACCESIONES DE OCA ESTUDIADAS DETERMINADAS DE ACUERDO AL PROGRAMA DIVA-GIS (2001).....	49
FIGURA 2. ESQUEMA DEL MÉTODO DE AFLP	50
FIGURA 3. A) CALIDAD DE ADN. B) DILUCIÓN DEL ADN A 100 HG/ML. LAS FLECHAS REPRESENTAN EL PESO DEL MARCADOR LAMBDA (280 KB) EL CUAL SIRVIÓ PARA CALCULAR LA CALIDAD DE LA DILUCIÓN DE ADN.	51
FIGURA 4. DENDOGRAMA DE ACCESIONES REALIZADO CON EL ÍNDICE DE JACCARD USANDO EL ALGORITMO UPGMA, CON EL PROGRAMA DARWIN 4.0.....	52
FIGURA 5: ANÁLISIS FACTORIAL DE COORDENADAS PRINCIPALES DE ACCESIONES DE OCA REALIZADO CON EL PROGRAMA DARWIN 4.0. EL EJE X REPRESENTA EL 6.3% Y EL EJE Y REPRESENTA EL 4.17% DE LA VARIABILIDAD TOTAL.	53
FIGURA 6. MAPA DE LAS ECO-REGIONES EN LAS ZONAS DE COLECCIÓN DE LAS ACCESIONES. LOS PUNTOS DE COLORES NOS MUESTRAN LOS GRUPOS MOLECULARES FORMADOS EN EL DENDOGRAMA.....	54

I. INTRODUCCIÓN

El ecosistema andino alberga más de 180 especies de plantas de uso económico, que fueron domesticadas por pueblos autóctonos hace miles de años, incluso antes de la expansión de la civilización Inca. Con el transcurso del tiempo, algunos de estos cultivos han adquirido importancia global, como la papa. La mayoría de ellos, sin embargo, es poco conocido dentro y fuera de los países andinos. Este ecosistema está constituido por diferentes áreas en cuanto a su clima, flora y fauna denominándose eco-regiones.

Entre los cultivos poco conocidos, destacan frutales, granos y particularmente nueve especies de “raíces y tubérculos andinos” (RTAs). Cada una perteneciente a una familia botánica distinta, todas ellas son usadas por los pobladores andinos en su alimentación y forman parte de su cultura, y son especialmente importantes para la subsistencia de los campesinos más pobres. Las raíces y tubérculos andinos (RTAs) constituyen una excelente fuente de energía por su contenido de carbohidratos y alta digestibilidad. Además, algunas de ellas como la maca, mashua, arracacha) han sido señaladas como fuente de compuestos promotores de la salud y nutrición.

Entre estas RTAs tenemos la “oca” (*Oxalis tuberosa* Molina) considerada la especie de mayor importancia alimenticia de todas las RTAs por su amplio rango de adaptación y por presentar características como alto contenido de vitaminas, micro nutrientes y almidón, además de su habilidad de crecer en altura bajo condiciones extremadamente difíciles.

La productividad de la oca es baja debido a que se siembra en condiciones de secano y está sujeta a granizadas, sequías y heladas así

como a ataques de plagas y enfermedades. La oca en el Perú, en los últimos años ha alcanzado una superficie de cultivo aproximada de 20,000 ha, con una producción de 116 t., siendo el departamento de Puno el centro de mayor rendimiento con aproximadamente 8 t/ha en el año 2003.

La biodiversidad se puede perder incluso si no se pierden las especies. La erosión genética es una de las causas principales de la pérdida de biodiversidad de las plantas, una causa importante de esta erosión es la difusión de la agricultura comercial, que promueve el monocultivo. Las nuevas variedades de cultivos, con frecuencia asociadas a la agricultura comercial, han conducido a la sustitución y/o pérdida de variedades agrícolas tradicionales y muy variables. Para conservar y proteger estas especies de la erosión genética se les debe coleccionar de su lugar de origen para formar bancos de germoplasma para así conservar la mayor cantidad de genes de interés de la especie. Esta conservación se hace de manera ordenada manteniendo dichas accesiones por tiempo indefinido tratando de no cambiar su constitución genética. Las colecciones en bancos de germoplasma tendrán un rol esencial en el suministro de alimentos para el futuro. Muchas colecciones han sido desarrolladas a partir de una colección más grande de germoplasma de cultivos; estas colecciones han sido caracterizadas mediante descriptores morfológicos estandarizados pero muy pocas usando técnicas moleculares. Hoy en día las técnicas moleculares nos permiten estudiar la diversidad genética, distribución geográfica y la caracterización molecular de estas especies mantenidas en bancos de germoplasma.

El presente trabajo busca contribuir al conocimiento de la diversidad genética, mediante marcadores AFLP, determinando los patrones de distribución geográfica de las accesiones de oca conservadas en el Banco de Germoplasma del Centro Internacional de la Papa.

I. ANTECEDENTES

El Ecosistema Andino, esa vasta zona de montañas que atraviesa el continente sudamericano de norte a sur y con áreas de influencia en ambos lados de la cordillera de los Andes, es uno de los pocos espacios en el planeta que comprende terrenos habitados desde los 1500 hasta los 4500 m.s.n.m. de altura en forma continua y que además son utilizados en una agricultura altamente diversificada. (Tapia, 1992).

Igualmente, Tapia (1992) distingue cuatro condiciones ambientales diferentes en el nivel macro:

- Una región de Andes septentrionales más húmedos, desde Venezuela hasta el norte de Perú, llamados “Andes verdes”.
- Los Andes Centrales, que se extienden hasta el nudo de Vilcanota en Perú y la región oriental de los Andes de Bolivia, con una humedad muy variable; llamados Andes amarillos.
- Una región de alto riesgo climático en el altiplano que ocupa territorios del sur del Perú y la región occidental de Bolivia alrededor del Lago Titicaca, o los Andes de alto riesgo productivo.
- Los Andes meridionales que se extienden por todo el territorio entre Argentina y Chile, son de menor uso agrícola.

Otra distinción del Ecosistema Andino la hacen National Geographic Society junto con World Wild Foundation (WWF) (2001). Los científicos han considerado 867 eco-regiones a lo largo del planeta, distinguiéndolas por el clima, flora y fauna de la región. En la zona de los Andes Centrales ellos consideran cuatro eco-regiones las cuales son:

- El Páramo de la cordillera Central. Esta eco-región se extiende desde el sur de Ecuador hasta el Norte del Perú, una altura desde los 3200 hasta 4500 m.s.n.m.
- Puna húmeda de los Andes Centrales. Esta eco-región comprende el norte del Perú y el norte de Bolivia, se extiende a través de las montañas más altas del Perú, desde los 3500 m.s.n.m.
- Puna de los Andes Centrales. Esta eco-región se extiende desde el sur de Perú y Bolivia hasta el norte de Chile y Argentina sólo tiene elevaciones hasta los 3500 m.s.n.m.
- Puna seca de los Andes Centrales. Esta eco-región se extiende por el oeste de Bolivia, norte de Chile y norte de Argentina.

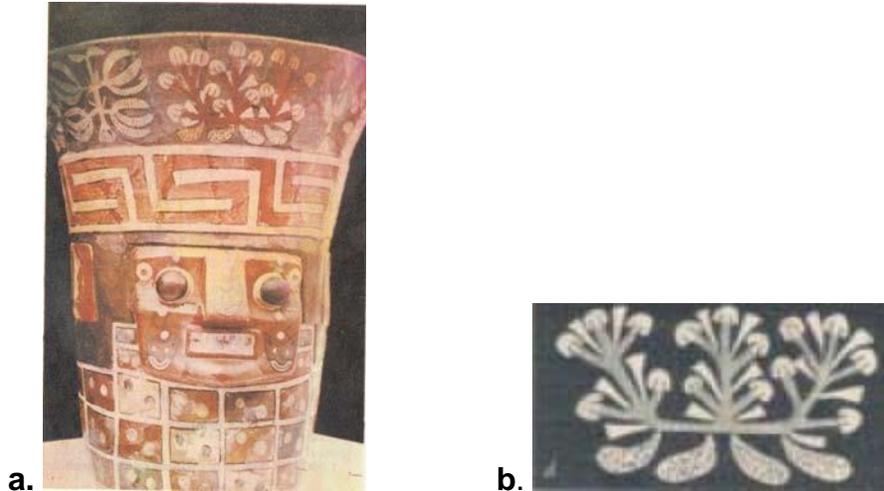
En el Ecosistema Andino se cultivan más de 180 especies de plantas de importancia alimenticia que son el sustento de los agricultores, y en el futuro, pueden ser la fuente de alimentación del planeta. Entre estas plantas tenemos varias especies de raíces y tubérculos andinos (RTAs), entre ellas la oca (*Oxalis tuberosa* Molina) es considerada una de las especies de mayor importancia alimenticia.

El área andina es considerada uno de los principales centros de domesticación de plantas en el mundo en un largo proceso que se inició hace 10000 años aproximadamente. El museo Arqueológico de Ancash hace referencia a que en el año 1969 el norteamericano Thomas Lynch de la Universidad de Cornell, descubre unos vestigios culturales en los Andes Centrales, ubicados en la cueva de "El Guitarrero" (2600 m.s.n.m), en la base de la Cordillera Negra, en la margen izquierda del río Santa y en las proximidades del pueblo de Shupluy en la provincia de Yungay, en el departamento de Ancash. En esta cueva se registraron evidencias de ocupación que datan de más de 12500 años y las más importantes la conforman restos de cultígenos que demuestran que se practicó una agricultura de manera incipiente. Estos vestigios vienen a ser los más antiguos de sur América. Según Smith (1980 cit por Emshwiller 1999.) entre los fósiles de cultígenos se encontraron tubérculos de *Oxalis* spp. (Oca), si han sido correctamente identificados, estarían dentro de las plantas cultivadas más antiguas de la región andina.

Como sabemos en nuestra región andina existen mitos y leyendas creadas por los pobladores, en las cuales no es ajeno este tubérculo. En uno de estos mitos, el de "Pachamama (Diosa de la tierra) y Pachacamac (Dios del cielo) engendrando al Sol y a la Luna", aparece una oca en forma de muñeca con la cual juegan los mellizos Wilka (Reyes, 2002).

Yacovleff y Herrera, en 1934, realizaron un estudio de prehistoria acerca de los cultivos andinos, llamado "El Mundo Vegetal de los Antiguos Peruanos", en el cual hicieron un resumen de referencias, escritas por cronistas, sobre la oca. Ellos mencionan al Padre Valverde (1539) como el primer español que describió un producto de la oca llamado "Cavi" (del quechua qawi: "Oca asoleada"). También menciona una figura que parece ser la planta de la oca representada en un Q`ero de la cultura Tiahuanaco (Horizonte medio 500-1300 d.C.). Se ha encontrado también una cerámica

de color negro de la cultura Chimú que tiene la forma de los tubérculos de la oca.



Representación de la planta de oca en vaso ceremonial de la cultura Tiahuanaco. **a.** Q`ero con diseños de plantas nativas. (Tapia, 1993) **b.** Dibujo esquemático de la planta de oca representada en el Q`ero. (Yacovleff, 1934)

La preparación del “Cavi” también es mencionada por Garcilazo de la Vega (1609) Probablemente la más completa descripción de la oca la realiza Bernabé Cobo en 1639 (Cit. por Yacovleff y Herrera, 1934). Towle encontró en los restos de las ruinas de Pachacamac, en los sustratos pertenecientes a la época Inca, un espécimen de un tubérculo de oca seco lo cual quiere decir que en la costa también se alimentaban de este tubérculo (Towle 1948 cit. por Towle 1961). La cultura Pachacamac se extendía desde los andes centrales Yauyos (Lima), hasta el mar Lurín (Lima).

El padre jesuita Giovanni Ignacio Molina (1776) realizó la primera descripción botánica de la oca como especie nueva (de la traducción al español por Don Domingo Joseph 1788). Por él es que el nombre científico de la oca es *Oxalis tuberosa* Molina. (Apéndice 1).

Guamán Poma de Ayala (1615) en su calendario, en el mes de diciembre representa la siembra de la papa y la oca. La principal actividad es la siembra, un hombre abre el surco ("suka") con su arado de pie, una mujer "mujut'acac" coloca las semillas en el surco con ambas manos y otra las tapa con un mazo de madera. La semilla (más o menos 10 Kg.) la lleva en un manto liviano cuadrado, amarrando dos extremos diagonalmente opuestos, el nudo queda sobre el hombro derecho y la semilla visible debajo del brazo izquierdo. (Adorno, 2001).



Dibujo que muestra la siembra de la papa y la Oca. Diciembre “capax ynti raymi quilla” (diciembre, Luna de la gran fiesta del Sol) del calendario realizado por Guamán Poma de Ayala. (Centro Digital de la Biblioteca Real de Dinamarca).

El género *Oxalis* spp. comprende de 500 a 800 especies. La Oca se ubica en un grupo de tubérculos afines morfológicamente a la papa pero de diferente familia botánica siendo menos valorada en el mundo agronómico que las especies del género *Solanum*. Es difícil establecer el área de origen de cada una de estas especies. Según la variación genética actual podría indicarse que la región altiplánica peruano- boliviana sería el Centro de Origen primario de la oca (León 1964). La oca prospera en climas adversos y suelos pobres a una altitud de entre 2800 y 4000 m.s.n.m. y se encuentra a lo largo de la cordillera de los Andes desde Venezuela hasta Argentina. Fuera de los Andes se encuentra en México donde crece desde hace más de 200 años, también en Nueva Zelanda que en los últimos años se ha vuelto muy popular en ese país (National Research Council 1989).

La Oca es una planta perenne de ciclo anual para la producción de tubérculos, de porte bajo (30-80 cm); sus hojas son alternas y trifoliadas, semejantes al trébol, con peciolos de 2-11 cm de largo. Las inflorescencias se disponen en dos cimbras de 4-5 flores cada una, la flor esta constituida de un cáliz de 5 sépalos soldados, la corola tiene 5 pétalos, unidos en la base, de color amarillo, con bordes irregulares y líneas longitudinales púrpuras o rojas, es de polinización cruzada. Su fruto es una cápsula formada por 5 lóculos con una ó tres semillas por lóculo. (CIEDPERU 2004). Los estolones brotan de los nudos subterráneos del tallo y alcanzan varios centímetros de longitud son blancos y provistos de escamas caedizas. El rizoma resulta del engrosamiento terminal de un estolón, en el que los entrenudos se agrandan, mientras que de los entrenudos se forman “ojos” de los que brotan las yemas. La forma de los tubérculos varía de claviforme y elipsoidal hasta cilíndrica, el color es muy variado y la combinación de la forma y el color es la base para la clasificación de los clones. La longitud del tubérculo es muy variable, esta entre 3 y 20cm. (León 1964).

Se ha encontrado que todos los tubérculos del área de los Andes centrales son de días cortos, requiriendo entre 10 y 12 horas de luz para un crecimiento óptimo (King, 1988). En Bolivia (17°S), el comportamiento de las colecciones de oca cultivadas a mayor período de luz fue variable según la altitud sobre el nivel del mar. Entre 2600 y 3400 m.s.n.m se observó menor floración que en las zonas más bajas (Cardenas, 1958).

La oca cuando crece en condiciones hipotónicas produce tubérculos en menor tiempo que en in vitro, pero el porcentaje de proteínas es similar. La proteína que se encuentra en el tubérculo, llamada ocatina, es importante ya que inhibe el crecimiento de bacterias y hongos que dañan algunos cultivos. El mayor problema de los cultivos de oca son los gorgojos *Adioristidius tuberculatus*. Algunas especies de oca presentan mayor cantidad de cristales de oxalato de calcio se ha estudiado que las ocas con mayor cantidad de estos cristales son menos susceptibles al ataque de estos gorgojos (Flores 1999). La oca en nueva Zelanda crece en condiciones templadas y contienen gran cantidad de oxalatos solubles, pero menos que las espinacas, por ejemplo (Alastair et al, 1999).

Urrunaga (2002) presentó un cuadro con una serie de características medicinales, alimenticias y como biocidas de la oca (Apéndice 2).

White (1975) indica que la oca es una especie poliploide y que éste sería un factor responsable de la baja fertilidad de esta especie. La oca cultivada ha sido encontrada octaploide en muchos estudios (de Azkue and Martinez, 1990; Emshwiller, 2002; Valladolid et. al., 1994). Un estudio realizado en ocas (*Oxalis tuberosa*) del Centro del Perú evidenciaron que éstas presentan un número cromosómico igual a $2n=2x=14$, siendo el número base $x=7$. (Talledo y Escobar, 1995). Por otra parte, un estudio realizado a ocas de Huancayo y Cajamarca, se encontró que las ocas

(*Oxalis tuberosa* Mol.) son heptaploides ($x=7$), siendo el número cromosómico más frecuente $2n=49$ y corroborado por presentar 7 grupos de 7 cromosomas cada uno (Hayano, 1998).

Presenta un mecanismo de polinización cruzada que es común en todo el género *Oxalis*. La semilla botánica de oca ha sido obtenida por varios investigadores. La semilla requiere de por lo menos 3 semanas para su germinación (Cortez, 1977; citado por Emshwiller, 2002); sin embargo, no se ha detectado su uso por los agricultores con el fin de crear variabilidad. Según Alarcón (1968), la tuberización de la oca se inicia a los 105 días aproximadamente después de la germinación y se concluye a los 200 días. El índice de tuberización puede llegar hasta 6,6 g/día, Rivero (1976), citados por Emshwiller (2002).

La conservación y uso de los recursos genéticos es esencial para continuar con el mantenimiento y mejoramiento de la agricultura. Para una efectiva conservación de los recursos genéticos de plantas es necesario un acercamiento a los dos métodos de conservación *ex situ* e *in situ* para aumentar la diversidad genética disponible para ser usada. (Karp, et al., 1997).

Vos P. et al. (1995) describen la técnica de AFLP basada en la detección de fragmentos de restricción por amplificación en PCR y argumenta que la técnica de AFLP combina la confiabilidad de la técnica de RFLP combinada con el poder de la técnica del PCR. Otra recomendación incluye la de Powell W. et al. (1996) quienes sugieren que esta técnica otorga gran nivel de resolución para la delineación de estructuras genéticas complejas. AFLP es una técnica relativamente barata, fácil, rápida y, lo más importante, confiable para generar cientos de marcadores genéticos a través del genoma de un individuo. Este método es usado para diferenciar

genéticamente individuos o poblaciones de una misma especie. (Mueller, 1999) Los resultados encontrados por Emshwiller (2004) indican que los datos AFLP serán útiles para estudios de la estructura geográfica de la variación genética de la oca.

Actualmente, se han desarrollado técnicas de marcadores moleculares basadas en el avance de la Biología Molecular, disponibles para la detección de la variabilidad genética. Éstas permiten la obtención de un número virtualmente ilimitado de marcadores moleculares cubriendo todo el genoma del organismo. Entre estas técnicas tenemos a los AFLP's, la cual produce el más alto número de marcadores simultáneamente analizados en un único gel, entre las tecnologías de marcadores disponibles hasta el momento, por lo tanto es muy eficiente para el muestreo amplio y simultaneo de un genoma. (Ferreira y Grattapaglia, 1998). El análisis por AFLP es considerado por el momento como la técnica más eficiente para estudiar el ADN en el caso de especies en las cuales el genoma es poco conocido (Grazzi, *et al.* 2005).

Zhang, *et al.* (1998) usaron los AFLP's para estudiar la diversidad genética del camote en cuatro regiones de América tropical, en el cual usaron una matriz de similaridad basada en el coeficiente de Simple matching y presentado en un dendograma siguiendo el algoritmo UPGMA, y para estimar la varianza aplicaron el Análisis Molecular de Varianza (AMOVA), ellos obtuvieron 210 marcadores polimórficos con 8 combinaciones de iniciadores y también en un estudio en papa con AFLP's, usando 7 combinaciones de iniciadores (Eco RI y Mse I) que fue realizado con 12 cultivares, se detectaron 466 bandas de las cuales 406 fueron polimórficas. (Kim *et al.* 1998) esto indica que el camote y la papa presentan un mayor número de marcadores que la Oca con igual o mayor número de marcadores.

Tosto y Hopp (2000) analizaron 253 marcadores generados por marcadores AFLP con cuatro combinaciones de iniciadores con especies de *Oxalis* ssp. miembros de la Alianza *Oxalis* tuberosa cuyo número cromosómico base es $x=8$. Las agrupaciones de las accesiones de cada especie corresponden también a su clasificación taxonómica. La concordancia entre los grupos de los individuos pertenece a diferentes especies, obtenidos en este trabajo, muestra la eficacia de los marcadores AFLP para estudios de las relaciones filogenéticas en *Oxalis*.

Pissard et al. (2006) realizó un estudio de la diversidad genética de 32 accesiones de oca del banco de germoplasma del Centro Internacional de la Papa, provenientes de Argentina, Bolivia, Chile y Perú, por medio de Marcadores ISSR (Inter Simple Sequence Repeat) el dendograma fue realizado con el método de agrupamiento UPGMA con el índice de Jaccard, donde se observan 4 grupos, en el primero se agrupan muestras de provenientes de Argentina y Bolivia, en el segundo se agrupan Argentina Bolivia y Chile, en el tercero 2 accesiones de provenientes del Perú y en el cuarto las de Perú y una accesión proveniente de Bolivia. Concluyen que las accesiones provenientes del Perú forman el grupo más distante entre los países, también concluye que las accesiones del Perú tienen la mayor diversidad genética que las de los otros países andinos.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Materiales biológicos

Según la USDA (2005) la oca se encuentra taxonómicamente ubicada en:

Reino	:	Plantae
Subreino	:	Tracheobionta
Súper división	:	Spermatophyta
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Subclase	:	Rosidae
Orden	:	Geraniales
Familia	:	Oxalidaceae
Género	:	<i>Oxalis</i>
Especie	:	<i>Oxalis tuberosa</i> Molina

Se estudiaron 585 accesiones provenientes del Banco de Germoplasma de oca mantenida por el Centro Internacional de la Papa: 448 del Perú (Piura, Cajamarca, Amazonas, Pasco, La Libertad, Ancash, Junín, Lima, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Arequipa, Cuzco, Puno y Tacna), 75 provenientes de Bolivia (Cochabamba, La Paz, Beni, Oruro, Potosí y Tarija), 52 provenientes de Argentina (Salta y Jujuy) y 10 provenientes de Chile (Antofagasta y Tarapacá). (Figura.1)(Tablas 1 y2).

3.1.2 Reactivos

Ácido etilendiaminotetracético (EDTA) sigma, Hidróxido de Sodio (NaOH) (Fisher scientific), Tris Base (Duchefa), Bromuro de cetil trimetil amonio (CTAB) (USB), Cloruro de Sodio (NaCl) 1M y 0.5M (Merck), Tris-HCl, Polivinil-pirrolidona (PVP) (Sigma), Cloruro de Magnesio $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, Cloruro de Potasio (KCl), Dithiothreitol (DTT), Acetato de Potasio (K Acc), Acetato de Magnesio (Mg Acc), Ácido Bórico (Fisher scientific), Bis-acrilamida (Sigma), Acrilamida (Sigma), Urea (Sigma), TEMED (tetramethylethylene diamine) (Sigma), Persulfato de amonio al 10% (sigma), Etanol (Merck), Bind Silano (Sigma), ácido acético (Merck), Xilen cianol, Azul de bromofenol, Formamida (Sigma), Dye, Naranja G, Sucrosa (Sigma), Agarosa (Gibco BRC), Bromuro de Etidio (EtBr), enzima Pst I (Gibco BRC), DNA del fago Lamda (Invitrogen), enzima de restricción Eco RI y Mse I (BioLabs), adaptadores EA1+A2 y MA1+A2 (invitrogen), agua libre de nucleasas (sigma), dNTPs (invitrogen), Taq polimerasa, iniciadores para amplificación Eco y Mse (invitrogen), nitrato de plata (J.A. Elmer), Formaldehído (Fisher scientific), Carbonato de sodio (Merck), aceite mineral (Sigma), Mercaptoetanol (sigma), Ribonucleasa (Sigma), cloroformo (Merck), T4 Ligasa (BioLabs), Alcohol Isoamílico (Sigma), Isopropanol (Merck), thiosulfato (Fisher scientific), papel fotográfico (automatic procesor compatible (APC) Film promega) TR-DO 18-30x40 cm., fijador (kodak GBx), revelador (Kodak GBx).

3.1.3 Equipos

Refrigeradores -20° y -70° C (Bosch), termociclador MJ.Research (PTC100 y PTC200), cámara vertical (life technologies model S2), horizontal para electroforesis (BRL model H4), agitador magnético, destilador, baño maría, balanza Ohaus (adventurer pro), horno microondas, estufa,

centrífuga (Eppendorf 5415C y 5415D), fuente de poder para electroforesis vertical (Bio Rad powerrad 3000 y life technologies model250), computador, autoclave, microcentrífuga personal (USA scientific SD y Daigger AL), Vortex (Daigger Genie 2), denaturador (VWR scientific products), capturador de imagen con transluminador UV (Epichemi3 darkroom UVP Biolmaging systems), liofilizador (Speed vac plus SC 110 Savant), triturador (paa extracción de ADN)(Fast prep. FP 120 Bio 101 Savant), filtro milipore miliQ plus.

3.1.4 Otros

Mandiles, guantes de latex, plumones indelebles, hoja bond, papel toalla, papel kinwipes, bolsas para autoclave, espátulas, cronómetros, placas para PCR, magnetos, peines para armar los geles de poliacrilamida, separadores, Food service film (reynolds 914), food service foil (reynolds 650), gradilla para tubos eppendorf, Erlenmeyers (Pirex) de 1000, 1800 ml, Placas de vidrio, Probetas (Pirex) 1000, 2000ml, beaker (pirex) 80, 1000ml., botellas (pirex) boca ancha 1000ml., probetas de 25, 100, 1000ml., Puntas para micro pipetas (USA scientific y Eppendorf) de 10, 200, 1000 μ l, Tubos de micro centrífuga (Eppendorf) de 1.5 y 2.0 ml., tubos Falcon de 50ml., probetas de 100, 250, 500, 1000 y 2000ml.

3.2 Métodos

3.2.1 Aislamiento del ADN genómico

Se realizó el protocolo de extracción de acuerdo al manual del CIP (2000) con algunas modificaciones realizadas por Gonzáles 2006. este protocolo esta basado en el de Doyle y Doyle 1990, algunas modificaciones se dan a continuación: para reducir la cantidad de sales se empleó un segundo lavado del precipitado con 90% de etanol en lugar de 95%. Las hojas jóvenes se colocaron con CTAB 2X y beta- mercaptoetanol en un

ependorf con una billa de cerámica para triturarla, luego se incubó a 65°C por 45 minutos en baño maría, se agregó cloroformo alcohol isoamílico (24:1) en cada tubo y se centrifugó durante 5 minutos, se retiró el sobrenadante y se agregó CTAB 10X y se incubó a 65°C por 20 minutos, se agregó cloroformo alcohol isoamílico y se centrifugó 5 minutos, se retiró el sobrenadante y se agregó isopropanol previamente enfriado y se incubó a -20°C durante 30 minutos luego se centrifugó 20 minutos, se decantó el isopropanol y al precipitado se le lavó con alcohol de 70% y se centrifugó durante 15 minutos, se decantó el alcohol y se agregó alcohol de 90% y se centrifugó durante 10 minutos. Se secaron las muestras en el liofilizador durante 10 minutos y se agregó T10E1 para disolver el precipitado se dejó a 4°C durante la noche, luego se agregó RNAsa y se incubó a 37°C.

3.2.2 Generación de marcadores AFLP

En primer lugar, se realizó una investigación de combinaciones de iniciadores para escoger las combinaciones con más polimorfismo, y se procedió siguiendo el método descrito por Vos et al. 1995, modificado en el CIP (Zorrilla, 2006).

La digestión se llevó a cabo cortando 500ng, de ADN genómico con enzimas de restricción Eco RI (20000 U/ml.) y Mse I (10000 U/ml) y se incubó a 37°C por 3 horas. Para la ligación se emplearon adaptadores Eco A1+A2 y Mse A1+A2 y se ligó con la enzima T4 ADN Ligasa (New England Biolabs) (2000000 U/ml), dejándola a temperatura ambiente de un día para otro. La mezcla de digestión – ligación se diluyó 1:4 con T10E0.1 para ser usada como molde para la pre – amplificación, usando iniciadores complementarios a la secuencia de los adaptadores, sin un nucleótido adicional (Eco 00 50 ng/μl) y (Mse00 ng/μl) Los parámetros de amplificación fueron los siguientes: 20 ciclos de 60 s a 92°C, 30 s a 60°C y 60 s a 42°C,

usando un termociclador JP Research 100. El producto de la pre – amplificación se diluyó 1:6 con T10E0.1, para usar 5 μ L como molde para la reacción final de amplificación (10 X tampón PCR, 400 μ M dNTP's, 100 ng *Eco* RI+ 3, 15 ng *Mse* I + 3 y 0.12 μ L de Taq polimerasa, volumen final 10 μ L). La amplificación se llevó a cabo en un termociclador JP Research 100 bajo los siguiente parámetros: 1 ciclo de 2 min a 94°C; 20 ciclos de 20 s a 94°C, 30 s a la correspondiente temperatura de alineamiento y 2 min a 72°C; más 1 ciclo final de 30 min at 60° C. La temperatura de alineación disminuyó 1 grado cada ciclo, desde 66°C a 56°C. (Esquema en Figura 2).

El producto de amplificación se cargó en geles denaturantes de poliacrilamida al 6% (w/v) y la visualización de los marcadores AFLP se hizo mediante el método de tinción con Nitrato de Plata.

3.2.3 Análisis y evaluación de datos.

3.2.3.1 Registro de datos.

El tamaño de los marcadores se calculó mediante una evaluación en un gel de acrilamida con todas las combinaciones de iniciadores utilizadas comparándolas con marcadores de peso conocidos, como el secuenciamiento del plásmido pUC 18 y el ladder de 30 pares de bases (pb).

Los fragmentos obtenidos de la secuenciación del plásmido PUC 18 se usaron como marcadores de peso ya que su secuencia es conocida. Con este marcador se pueden detectar diferencias de 1 base.

El Marcador de peso 1Kb. Sirve para medir el tamaño lineal de fragmentos de ADN de doble banda desde 50 pares de bases hasta 12Kb contiene fragmentos de ADN en un rango de 75 a 1636 pares de base.

El Marcador de peso de 30 a 330 pares de bases. Consiste en 31 repeticiones de 10 pares de base, adicionalmente presenta bandas difusas en 10 pares de base y 20 pares de base más un fragmento 1668 pares de base. Está específicamente diseñado para medir fragmentos de ADN en AFLP (puede ser visualizado en un gel de poliacrilamida de 5 a 6% seguido por electroforesis) Las dos bandas por ser de la misma composición del nucleótido, el producto denaturado produce un grupo de simple banda incrementándose a lo largo por intervalos de 10bp.

Cada fragmento producido para cada combinación de iniciadores AFLP fue tomado como una unidad de evaluación y numerados secuencialmente. Los datos fueron registrados en una matriz binaria de 1 y 0, indicando la presencia y ausencia respectivamente de los marcadores AFLP.

3.2.3.2 Análisis de agrupamiento

Las bandas monomórficas no se usaron para el análisis de agrupamiento. El análisis de la matriz de datos se hizo empleando el programa DARwin 4.0 (Perrier *et al* 2003), el grado de disimilitud genética se estimó con el índice de Jaccard. La disimilitud promedio de las accesiones provenientes del Perú fue calculada a partir de la similitud (1-similitud) con el programa NTSYSpc (Rohlf, 2000) por problemas de conversión de formato de DARwin a Excel. Los dendogramas respectivos se construyeron usando el algoritmo UPGMA (unweighted pair group mean average).

3.2.3.3 Análisis de la estructura genética de la población: Análisis de varianza Molecular (AMOVA) y distancia genética entre pares de poblaciones (Φ_{st})

La estructura genética de las poblaciones fue investigada por el análisis AMOVA (Análisis Molecular de Varianza) con el software Arlequín (Excoffier *et al.*, 1995) versión 2.000, que está basado en análisis de varianza de frecuencia de genes tomando en cuenta el número de mutaciones entre los haplotipos moleculares, y la distancia genética entre poblaciones con los estadísticos Φ_{st} (análogos a F_{st}). La significancia del Φ_{st} refleja la correlación de diversidad haplotípica en diferentes niveles de subdivisión jerárquica usando permutaciones no paramétricas entre los grupos de poblaciones, que consiste en cambios entre grupos de haplotipos, individuos o poblaciones. Son necesarios un gran número de permutaciones o cambios (1000 o más) para obtener una probabilidad final exacta.

3.2.3.4 Índice de diversidad genética de Nei

Este método fue realizado para analizar la diversidad genética (heterozigocidad) de una población subdividida, esto es, la diversidad genética entre y dentro de poblaciones. No es necesario conocer el número de alelos por locus, los patrones de evolución o la reproducción que usan los individuos. Mide las magnitudes relativas y absolutas de diferenciación de genes entre sub poblaciones. (Nei, 1973).

3.2.3.5 Análisis factorial de coordenadas principales (PCoA)

El análisis factorial de coordenadas principales fue realizado para evaluar las distancias entre las poblaciones. Esta distancia entre poblaciones es un espacio muy grande, y por ende son muy difíciles de leer, por eso el PCoA busca espacios de menor dimensión donde las poblaciones

están más cerca entre ellas para poder ser analizadas. Este análisis se realizó con el programa DARwin 4.0 (Perrier *et al.* 2003).

3.2.3.6 Sistema de información geográfica

Se utilizó el software DIVA-GIS 4.2 (Rojas, 2001) para realizar los mapas de localización geográfica con los datos de latitud y longitud. Para realizar el mapa de eco-regiones se empleó además los datos altura, clima, precipitación, flora y fauna de la World Wild Fundation

III. RESULTADOS

4.1 Aislamiento del ADN genómico

Se encontraron problemas para obtener ADN de buena calidad, ya que la Oca presenta una gran cantidad de sales (oxalatos) que impiden que se extraiga ADN de buena calidad, pero aun así, el protocolo empleado permitió trabajar sin muchos problemas. La cuantificación se realizó en geles de agarosa al 1% comparados con el marcador lambda cortado con la enzima PstI que presenta un peso conocido y así compararlo con las muestras.

Se extrajo aprox. 37,5 μg de ADN de cada accesión Los cuales se diluyeron a una concentración de 100 $\text{ng}/\mu\text{l}$ para su uso en las pruebas de AFLP's. (Figura 3).

4.2 Generación de marcadores AFLP

Se realizó una prueba de 292 combinaciones de iniciadores, de las cuales se escogieron las que presentaban mayor polimorfismo. Se escogieron 7 combinaciones (Tabla 3.) llegando a obtener 213 marcadores en total de los cuales 175 fueron polimórficos que representan el 82% de todos los marcadores obtenidos para las 585 accesiones de cultivares de *O. tuberosa* del banco de germoplasma del CIP, como se observa en la Tabla 4.

4.3 Análisis de agrupamiento

4.3.1 Construcción del dendograma

En el dendograma, según el grado de distancia genética con el índice de Jaccard y con el algoritmo UPGMA, se observó claramente definidos 3 clusters: uno conformado por los departamentos del norte (Cajamarca, Piura, Amazonas y La Libertad) y el centro (Lima, Ancash, Pasco, Junín, y Huancavelica) y del sur del Perú (Ayacucho, Apurímac, Cuzco, Arequipa, Tacna y Puno) y una accesión de Bolivia. El segundo conformado por el sur del Perú (mayormente de Puno) junto con los países de Argentina, Bolivia y Chile. El tercer grupo conformado por los departamentos del norte, centro y sur del Perú. (Figura 4) Como se observa en el gráfico no se pudo encontrar una diferenciación molecular entre las accesiones del Norte, Centro y Sur del Perú lo que indica son muy similares genéticamente.

Se realizó también el dendograma con el programa NTsys el cual se encuentra en el Apéndice 3.

4.3.2 Análisis factorial de coordenadas principales

Se realizó un análisis factorial de coordenadas principales con el fin de corroborar los resultados del agrupamiento molecular. Se observó que las accesiones provenientes del Perú en su mayoría se separan de las accesiones de los otros países. Sin embargo, algunas de estas accesiones están más cerca de las accesiones provenientes de Argentina, Bolivia y Chile. Estos resultados son semejantes a los del análisis de agrupamiento con la única diferencia que las accesiones del grupo 1 y 3 procedentes, en su mayoría, del Perú se encuentran más cercanamente relacionadas. (Figura 5).

4.3.3 Patrones geográficos de la diversidad genética

Del total de accesiones, alrededor del 56% presentaron datos de longitud y latitud. Se graficaron los sitios de colecta sobre el mapa de eco-regiones de la World Wildlife Fund (WWF) (Figura 6) Los colores de los puntos indican a qué grupo molecular pertenece. Las accesiones que fueron colectadas en la eco-región denominada Puna de los Andes Centrales, que comprende territorios del Sur del Perú, Bolivia y Argentina, se mostraron genéticamente semejantes ya que pertenecen al mismo grupo molecular (Grupo II) lo cual indica que la diversidad genética de la oca estaría influenciada por las características del medio y a marcadores genéticos presentes sólo en esta zona. Las accesiones colectadas en el norte (Ancash), centro y algunas del Sur del Perú pertenecen a la eco- región Puna Húmeda de los Andes Centrales y las accesiones del Norte (Cajamarca, la Libertad) pertenecen a la eco-región Páramo de los Andes Centrales. También observamos que las accesiones pertenecientes al Grupo molecular III se encuentran distribuidas al lado oriental de la eco-región y las del Grupo I están al lado occidental lo que nos estaría indicando también en esta zona que existe una influencia del medio en la diversidad genética. Observamos también que hay tres accesiones que se encuentran en el departamento de Piura, las cuales fueron colectadas en un mercado de esta zona.

4.3.4 Promedios de disimilaridad genética por grupos geográficos

El índice de disimilaridad fue calculado de forma separada para cada grupo. El menor índice de disimilaridad lo presenta Argentina (0.309) lo cual indica que son las accesiones menos diversas. Por el contrario tenemos que el mayor índice de disimilaridad lo presenta el Perú (0.410) lo cual indica que es el país más diverso. Y dentro del Perú el Sur presenta el mayor promedio (0.404) siendo este más diverso (Tablas. 5 y 6).

4.3.5 Análisis de Varianza Molecular (AMOVA)

Este análisis se basó en la comparación de la variabilidad molecular de las accesiones de oca por países de procedencia (Tabla. 7) y por zonas dentro del Perú (Tabla. 8).

Entre países (Perú, Argentina, Bolivia, y Chile) el porcentaje de variación fue de 6.77% del total entre cada país, lo cual nos indica que hay una significativa variación entre los países. Entre individuos dentro de los países tenemos un porcentaje de variación de 93.23% del total.

Entre zonas dentro del Perú el porcentaje de variación es de 4.79%, lo cual indica que no hay variación entre las accesiones de estas zonas, son muy similares entre si.

4.3.6 Distancia genética (Φ_{st})

En la Tabla 9 observamos las distancias genéticas entre los países, vemos que la menor distancia genética se da entre las accesiones provenientes de Bolivia y Chile (0.02358) y la mayor distancia está entre las accesiones de Argentina y Chile (0.1598) También se observó que el país que tiene la mayor distancia genética promedio es Argentina (0.11965) mientras que las del Perú son más cercanas a las demás (0.06385).

La Tabla 10 nos muestra las distancias genéticas entre las zonas del Perú. Observamos que las más cercanas son las accesiones provenientes del Centro y el Norte (0.02905) y las más lejanas son las provenientes del Centro y el Sur (0.05535) Las accesiones con mayor distancia genética son las del Sur (0.0547).

4.3.7 Análisis de diversidad genética promedio

La diversidad genética promedio (Provan *et al.*, 1996), se obtuvo de la fórmula de la diversidad genética de Nei (Nei, 1973). En las Tablas 11 y 12 podemos observar que el Perú presenta la más alta diversidad genética entre estos países (0.31) y el país con menos diversidad genética es Argentina (0.19), y dentro del Perú presentan similar porcentaje.

IV. DISCUSIÓN

El método de extracción de ADN a pequeña escala modificado tuvo mejor resultado que el método reportado en el manual del CIP (2000) ya que se obtuvo una buena cantidad de ADN con menor contenido de sales. Esto es útil ya que los oxalatos dificultan la obtención de marcadores de ADN.

Respecto a las 7 combinaciones de iniciadores para el análisis de AFLP, la oca presenta menor cantidad de marcadores comparada con la papa (*Solanum tuberosum*) donde se encontraron 466 marcadores con 7 combinaciones de iniciadores (Kim *et al.*, 1998). En este trabajo sólo hemos encontrado 213 marcadores con igual número de combinaciones.

Se separaron las accesiones del Perú en norte (Piura, Cajamarca, Amazonas y La Libertad) centro (Ancash, Lima, Pasco, Junin y Huancavelica) y sur (Ayacucho, Apurimac, Arequipa, Tacna, Cuzco y Puno) por que en el dendograma se observó que las accesiones provenientes del Perú se encontraban a lo largo del dendograma, por ese motivo se decidió dividir las en zonas, para observar las diferencias, se observó el agrupamiento; luego se recurrió a las eco-regiones para observar las diferencias entre las accesiones provenientes del Sur y las del Norte y centro.

En los resultados del análisis de agrupamiento, las accesiones forman 3 grupos principales: el primero y el tercero incluyen mayoritariamente accesiones provenientes del Perú (Norte, Centro y Sur), el segundo formado por accesiones del Sur del Perú, Bolivia, Chile y Argentina. Las accesiones provenientes del Sur del Perú se ubican en los tres grupos. Estos resultados

confirman que la oca se empezó a domesticar en la región del Sur del Perú y norte de Bolivia como fue reportado por trabajos previos (Arbizu y Tapia 1992, Emshwiller 2002, Pissard *et al.* 2006). En el primer grupo además de accesiones del Perú hay también una proveniente de Bolivia.

Los resultados obtenidos se asemejan a los encontrados por Pissard *et al.*, 2006, que detectó 4 grupos, uno de los cuales estaba formado por las accesiones provenientes de Argentina, Bolivia y Chile, y otro grupo formado por las accesiones del Perú mayoritariamente y una de Bolivia.

El Perú es el país con mayor diversidad genética de oca entre los países analizados, como podemos observar en los resultados de disimilaridad genética. Argentina es el país menos diverso ya que el porcentaje de disimilaridad es más bajo entre los países. Esto también se puede observar en los resultados del agrupamiento, en el dendograma se observan las accesiones de Argentina en un solo grupo, agrupadas entre sí, lo que quiere decir que son muy similares. En estos resultados puede haber influido el número de accesiones por país.

En el análisis factorial de coordenadas principales podemos observar que se forman los mismos grupos que en el dendograma UPGMA. Observamos dos grupos principales: las accesiones del grupo 1 y 3 provenientes del Perú, al lado izquierdo y las accesiones del grupo 2 provenientes de los países y al sur del Perú al lado derecho. Las del grupo 3 se encuentran más cerca del centro.

Las accesiones se colectaron principalmente en cuatro eco-regiones principales a lo largo de los Andes centrales, algunas de ellas se encuentran en eco-regiones que no han sido reportadas previamente, esto es según el 56% de las muestras, que presentaron datos de longitud y latitud. La mayoría de las accesiones agrupadas en el Grupo 1 y 3 fueron colectadas

en la Puna Húmeda y Páramo de los Andes Centrales en Perú. Asimismo, las accesiones agrupadas en el Grupo 2 fueron colectadas en la eco-región de la Puna y Puna Seca de los Andes Centrales.

La diversidad genética puede estar relacionada con las características del medio ya sea clima y exposición a la luz solar ya que los grupos moleculares se dividen según la eco-región donde fueron colectadas y también se observa una diferenciación entre las ocas del Sur (Argentina, Bolivia y Chile) que tienen mayor exposición a la luz en verano y menor en invierno, y las del Norte (Perú) que tienen una exposición a la luz solar más uniforme. Esto se observa también morfológicamente en lo encontrado por Cárdenas (1958).

El hecho de que las accesiones provenientes del Sur del Perú se encuentran presentes en todos los grupos moleculares podría ser un indicio para decir que el origen de la oca se encuentra en esta zona, específicamente en la región altiplánica. Esto confirma estudios realizados por Arbizu y Tapia 1992 Emswiller 2002 Pissard *et al.*, 2006.

El bajo número de marcadores polimórficos (175 con 7 combinaciones) encontrados en la oca se debería a que la oca es poliploide ($x=7$ ó $x=8$) por lo que sólo se puede observar la ausencia de un marcador en el caso de que no se encuentre presente en ninguno de los cromosomas homólogos, lo cual no quiere decir necesariamente que esta especie tenga baja diversidad.

V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos podemos concluir que:

- El método de extracción modificado (González, 2006) permitió obtener buena cantidad (más de 300 ng/ µl) y calidad de ADN.
- El agrupamiento molecular de las accesiones de oca refleja tres grupos principales, dos de ellos conformados por accesiones provenientes del Perú norte, centro y algunas del sur y otro formado por las accesiones de Bolivia, Argentina, Chile y accesiones del sur del Perú.
- Existe un patrón geográfico en la diversidad genética de oca ya que la distancia y variación genética (6.77%) entre accesiones de diferentes países son significativas.
- Los grupos moleculares formados en el dendograma tienen relación con las eco-regiones de las cuales procede cada accesión.
- De los países evaluados el Perú es el país con mayor diversidad genética (31%) de ocas y Argentina es el menos diverso (19%).

VI. RECOMENDACIONES

- Para poder tener una visión más amplia de la diversidad de oca harían falta en la colección accesiones de oca colectadas en Ecuador y Venezuela ya que ahí también se siembra oca y así poder analizar el origen de este tubérculo en Sudamérica.
- Se debe coleccionar mayor número de muestras de los diferentes países donde se cultiva oca, para poder definir el lugar de origen de este tubérculo y poder estudiar diferencias genéticas o geográficas, ya que en diferentes países se siembran en condiciones distintas como es el caso de Nueva Zelanda.
- Realizar más investigaciones sobre este tubérculo ya que puede ser un sustituto importante en el futuro para la alimentación mundial.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adorno, R. (2001) *Guamán Poma y su crónica ilustrada del Perú Colonial: un siglo de investigaciones hacia una nueva era de lectura*. Profesora de Literatura Latinoamericana en el Departamento de español y portugués de la Universidad de Yale, New Haven, Connecticut, EEUU. Traducido por Fernanda Macchi.

Alastair, B., Geoffrey P., Richard J. and Leo Vanhanen (1999) *Oxalatos en oca (New Zealand Yam) (Oxalis tuberosa Molina)*, *J. Agric. Food Chem*, 47, 5019-5022.

Arbizu, C. y Tapia, M (1992) *Tubérculos andinos* Roma Italia FAO Jardín Botánico de Cordova España pp 147-161. Producción y Protección vegetal-FAO (Italy) no. 26.

Cárdenas, M (1958) *Informe sobre trabajos hechos en Bolivia sobre oca, ulluco y mashua en estudios sobre tubérculos alimenticios de los Andes*. Comunicaciones de Turrialba N° 63.

Centro Digital de la Biblioteca Real de Dinamarca Copenhague, el sitio de Guaman Poma, *Felipe Guaman Poma de Ayala: El primer nueva crónica y buen gobierno (1615/1616)* København, Det Kongelige Bibliotek. (www.kb.dk/elib/mss/poma).

Centro de Investigación Educación y Desarrollo del Perú (CIEDPERU) (2004) *Productos, Oca*.

- Centro Internacional de la Papa (2000) *Molecular Biology Laboratory Protocols: Plant Genotyping*. Ma. Rosario Herrera, M. Ghislain, D. Zhang (eds.) Crop Improvement and Genetic Resources Department Training Manual, tercera edición.
- De Azkue, D.J. y Martinez, A. (1990) *Chromosome number of the Oxalis Tuberosa alliance (Oxalidaceae)* Plant systematics and evolution (USA) 169: 25-29.
- Doyle, J.J. and Doyle, J.L. (1990) *Isolation of plant DNA from fresh tissue*. Focus (Gibco BRL) 12: 13-15.
- Emshwiller, E. (1999). *Origins of domestication and polyploidy in the Andean tuber crop Oxalis tuberosa Molina (Oxalidaceae)*. A dissertation presented to the faculty of the Graduate School of Cornell University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of doctor of Philosophy. 325 pp.
- Emshwiller, E. (2002). *Ploidy levels in the Oxalis tuberosa alliance*. Annals of Botany. 741-753.
- Emshwiller, E. (2004). *Patrones de diversidad genotípica en el cultivo de oca (Oxalis tuberosa Molina)- datos de marcadores AFLP comparados con la etnotaxonomía*. Abbott Laboratories Adjunct Curator of Economic Botany, Botany Department, the Field museum Chicago.
- Excoffier, L., Smouse, P., Quatro, J. (1995) *Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data*. Genetics 131(2): 479-491.
- Flores, T. (1999) *Studies on the tuber proteins from the Andean tuber crop Oxalis tuberosa Mol. (oca)* Thesis in Plant Physiology, submitted in partial fulfillment

of the requirements for the degree of Doctor Philosophy for the Pennsylvania State University Pp.215.

Ferreira, M. y Grattapaglia, D. (1998) *Introducción al uso de marcadores moleculares en el análisis genético*. EMBRAPA – CENARGEN. Brasilia 1998.

González, Geoffrey (2006). *Análisis de la diversidad genética de papas nativas (Solanum spp.) de las comunidades de Pampallacta y Paru paru del “Parque de la Papa” (Cusco, Perú) y de entradas repatriadas por el CIP, mediante microsatélites*. Tesis para optar el título de Biólogo-Microbiólogo. Universidad Nacional de Trujillo.

Grazzi, F., Cazzaniga, E., Minuto, L., Peccenini, S., Barberis, G. y Basso, B. (2005) *Evaluation of biodiversity and conservation strategies in *Pancreaticum maritimum* L. for the Northern Tyrrhenian Sea*. Biodiversity and Conservation 14: 2159-2169.

Guamán, F. (1615) *El primer nueva crónica y buen gobierno*. Traducido del quechua por Jorge L. Urioste. Edición crítica John V. Murra y Rolena Adorno. Mexico 1980.

Hayano, C. (1998) *Citogenética de *Oxalis tuberosa* Mol. “Oca”*: Número cromosómico y análisis cariotípico. Universidad Ricardo Palma. Tesis licenciado en Biología.

Karp, A., Kresovich S., Bhat K., Ayad W. and Hodgkin T. (1997) *Molecular tools in plant genetic resources conservation: a guide to the technology* The

International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) technical bulletin N°2.
47 pp.

Kim, J., Joung, H., Kim, H., Lim, Y. (1998) *Estimation of genetic variation and relationship in Potato (Solanum tuberosum L.) Cultivars using AFLP markers.* American journal of Potato Research 75(2): 107-112.

King, S. (1988) *Economic botany of the Andean tuber crop complex, Lepidium meyenii, Oxalis tuberosa, Tropaeolum and Ullucus tuberosus.* PhD dissertation. The City University of New York. USA.

León, J. (1964) *Plantas alimenticias andinas* Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Zona Andina 112 pp. Lima (Perú). Boletín Técnico N° 6.

Molina, J. (1776) *Saggio Sulla Storia Naturale del Chili, (Bologna –Italia) Compendio de la historia geográfica, natural y civil del reyno de Chile.* Escrito en italiano traducida en español por Don Domingo Joseph de Arquellada Mendoza, Individuo de la Real Academia de Buenas Letras de Sevilla, y Maestrante de Ronda, Madrid 1788. pp. 138-139.

Mueller, U. y Wolfenbarger, L (1999) *AFLP genotyping and fingerprinting*
Tree vol. 14. 10: 389-394.

National Geographic Society and World Wild Life (WWF) (2001) *Terrestrial Ecoregions of the world.*
(www.nationalgeographic.com/wildworld/terrestrial)

National Research Council. (1989). *Lost Crop of the Incas Little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation*. National Academy Press. Washington, DC. Pp. 83-91.

Nei, M. (1973) *Analysis of gene diversity in subdivided population* Proc. Nat. Acad. Sci. USA Vol. 70, No 12 part I, pp 3321-3323.

Nei, M. (1978) *Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals*. Genetics 89, 583-590.

Perrier, X., Flori, A., Bonnot, F. (2003). *Data analysis methods*. In: Hamon, P., Seguin, M., Perrier, X., Glaszmann, J. C. Ed., Genetic diversity of cultivated tropical plants. Enfield, Science Publishers. Montpellier. Pp 43 – 76.

Pissard, A., Ghislain, M. y Bertin, P. (2006) *Genetic diversity of the Andean tuber-bearing species, oca (Oxalis tuberosa Mol.), investigated by Inter-Simple Sequence Repeats*. National Research Council Canada. Genome 49(1): 8-16.

Portal Agrario (2004) *Estadísticas- información agrícola mensual campañas 2002-2003* Direcciones regionales y sub regionales de agricultura Ministerio de Agricultura (MINAG-DGIA).

Powell, W., Morgante, M., Andre, C.; Hanafey, M.; Vogel, J.; Tingey, S. and Rafalski, A. (1996). *The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis*. Molecular Breeding 2:225-238.

- Provan, J., Powell, W., Waugh, R. (1996) *Microsatellite analysis of relationship within cultivated potato* (*Solanum tuberosum*). *Theoretical and Applied Genetics* (Germany) 92 (8): 1078-1084.
- Reyes, L. (2002) *Pachamama y los Dioses Incaicos* Catamarca guía Argentina. (www.catamarcaguia.com.ar).
- Rohlf, F.J. (2000). *NTSYS-pc: Numerical taxonomy and multivariate analysis system*. Version 2.1 Exeter Publications, New York, USA.
- Rojas, E., Hijmans, R., Guarino, L. (2001) *DIVA-GIS geographic informatic system*.
- Talledo, D y Escobar, C (1995) *Citogenética de Oxalis tuberosa ciclo celular y número cromosómico*. Laboratorio de Biología Celular y Genética. Sección de Citogenética, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma Lima-Perú *Biotempo*, 2: 33-46.
- Tapia, M. (1992) *Anales del Taller internacional sobre Agro ecosistema Andino. Visión general y características del Agro ecosistema Andino*. Centro Internacional de la Papa Pp. 51-61.
- Tapia, M. (1993) *Semillas Andinas El Banco de oro*. Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONCYTEC) Lima-Perú Pp.76.
- Tosto, D. y Hopp, H. (2000) *Suitability of AFLP markers for the study of genomic relationship within the Oxalis tuberosa alliance*. *Plant Systematics and Evolution* 223: 201-209.
- Towle, M (1961) *the ethnobotany of pre-Columbian Peru. A reconstruction of the relationship between man and the plant of the world in the prehistoric cultures*

of the central Andes. Aldine Publishing company, Chicago Illinois-USA Pp 180.

United State department of Agriculture (USDA). (2005) Natural Resources Conservation service (NRCS),. <http://plants.usda.gov>

Urrunaga, R. (2002) *Estudio etnobotánico de los parientes silvestres de la papa, oca, mashua, olluco y pasifloras del Cuzco*. Proyecto de Conservación *in situ* de cultivos nativos y sus parientes silvestres PER98/G33. Universidad del Cuzco.

Valladolid, A. C.; Arbizu. y D, Talledo. (1994) *Niveles de ploidia de la oca (Oxalis tuberosa Mol.) y sus parientes silvestres*. Valdivia (Chile) p.12 v.22 Agro Sur (Chile).

Vos P., Hogers, R., Bleeker, M., Reijans, M., Theo van de Lee, Hornes, M., Frijters, A., Pot, J., Peleman, J., Kuiper, M. and Zabeau, M. (1995). *AFLP A new technique for DNA fingerprinting*. Nucleic Acid Research 23: 4407-4414.

White, J (1975) *Notes on the Biology of Oxalis tuberosa and Tropaeolum tuberosum* Thesis, Harvard College (USA) Pp 96.

Yacovleff, E. y F.L. Herrera (1934) *El mundo vegetal de los antiguos peruanos*. Revista del Museo Nacional – Lima 3: 235-323.

Zhang, D., Ghislain, M., Cervantes, J., Carey, E. (1998) *AFLP Assessment of Sweetpotato Genetic Diversity in Four Tropical American Regions*. CIP program report 1997-1998.

Zorrilla, C. (2006) *Diversidad Genetica de cultivares nativos de papas amargas y ocas*. Tesis para optar el título de biólogo en la Universidad Agraria La Molina.

VIII.

ANEXOS

9.1 Figuras

Figura 1: Lugares de colección de las accesiones de oca estudiadas determinadas de acuerdo al programa DIVA-GIS (2001).



Figura 2. Esquema del método de AFLP

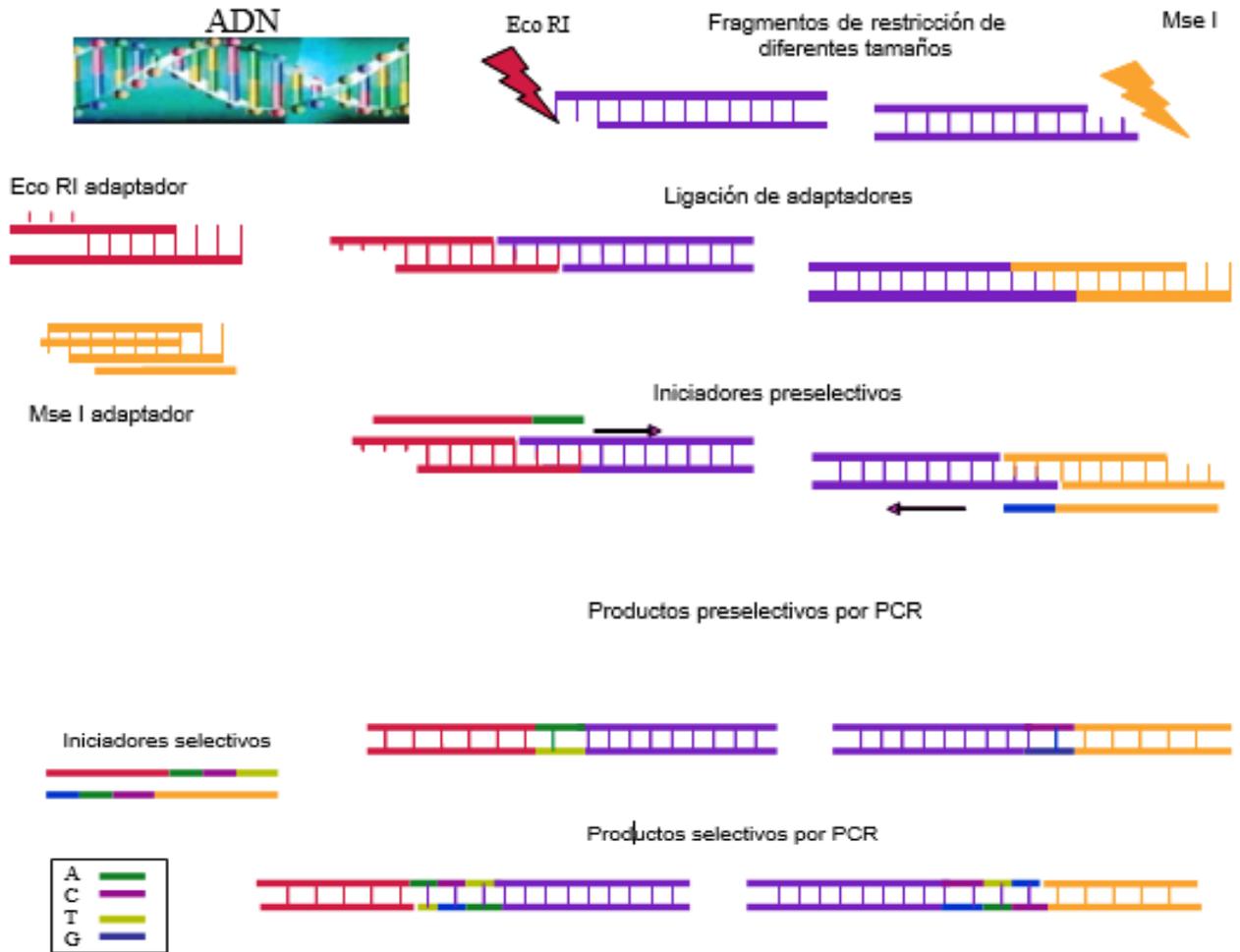


Figura 3. a) Calidad de ADN. b) Dilución del ADN a 100 ng/μl. Las flechas representan el peso del marcador lambda (280 kb) el cual sirvió para calcular la calidad de la dilución de ADN.

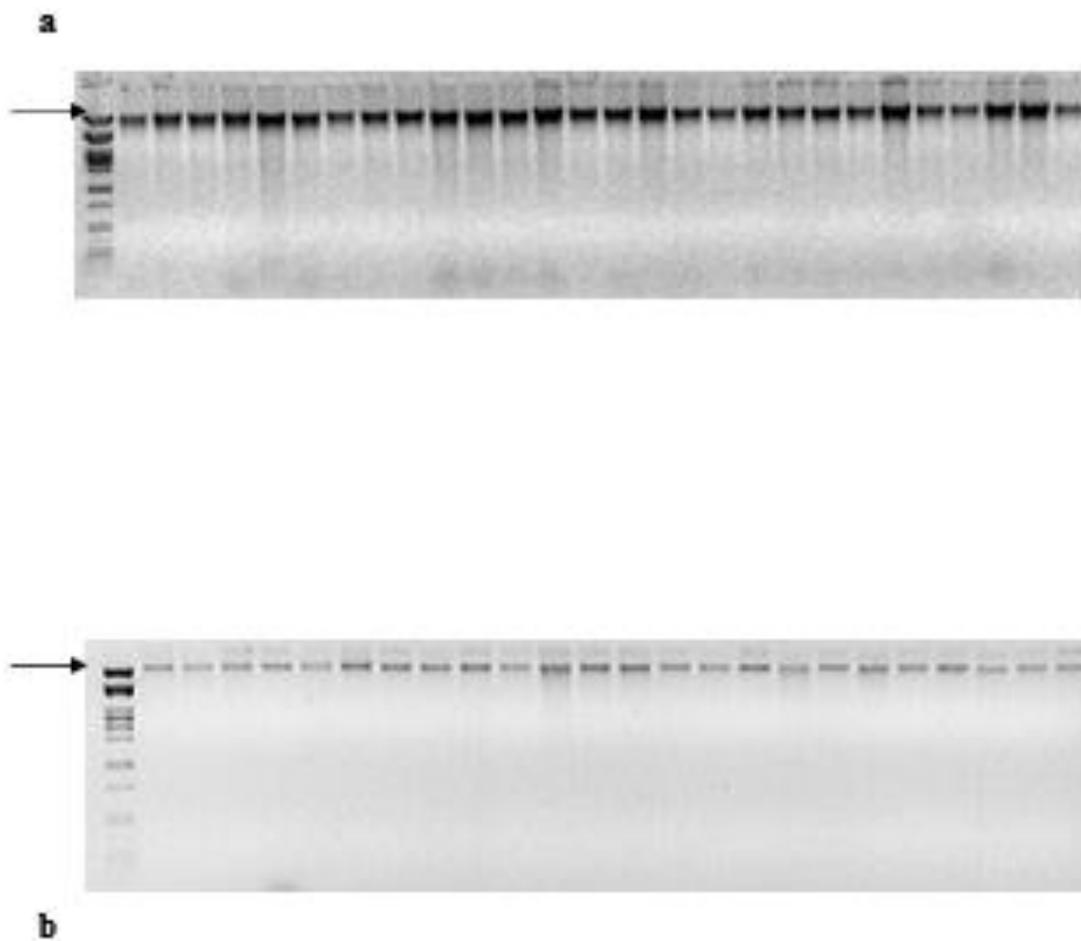


Figura 4. Dendograma de accesiones realizado con el índice de Jaccard usando el algoritmo UPGMA, con el programa Darwin 4.0.

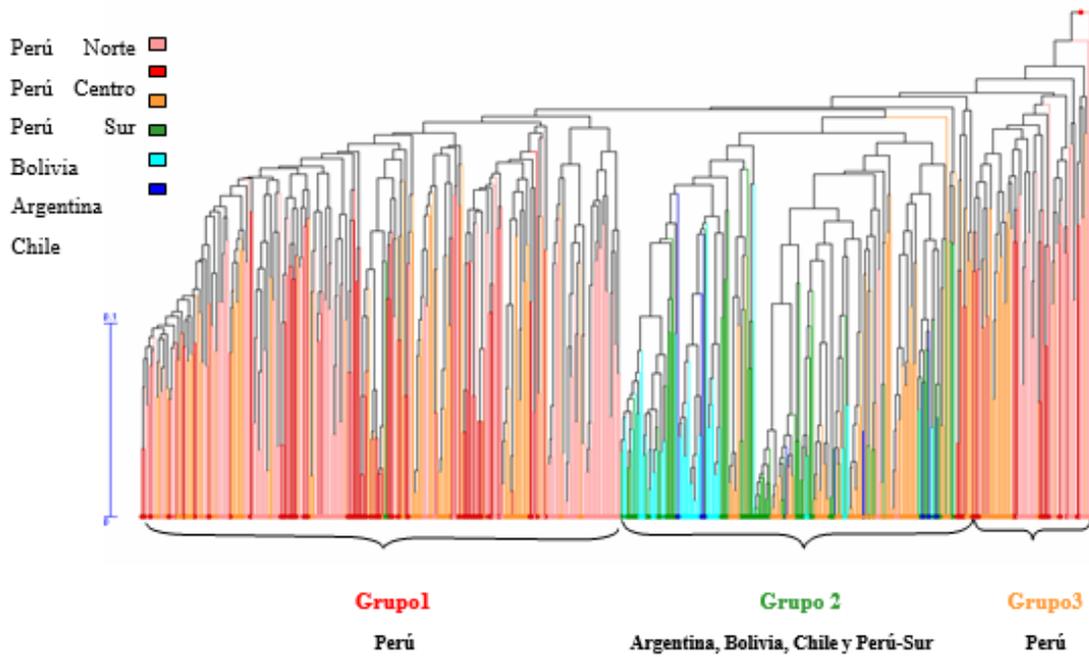


Figura 5: Análisis factorial de coordenadas principales de accesiones de oca realizado con el programa Darwin 4.0. El eje X representa el 6.3% y el eje Y representa el 4.17% de la variabilidad total.

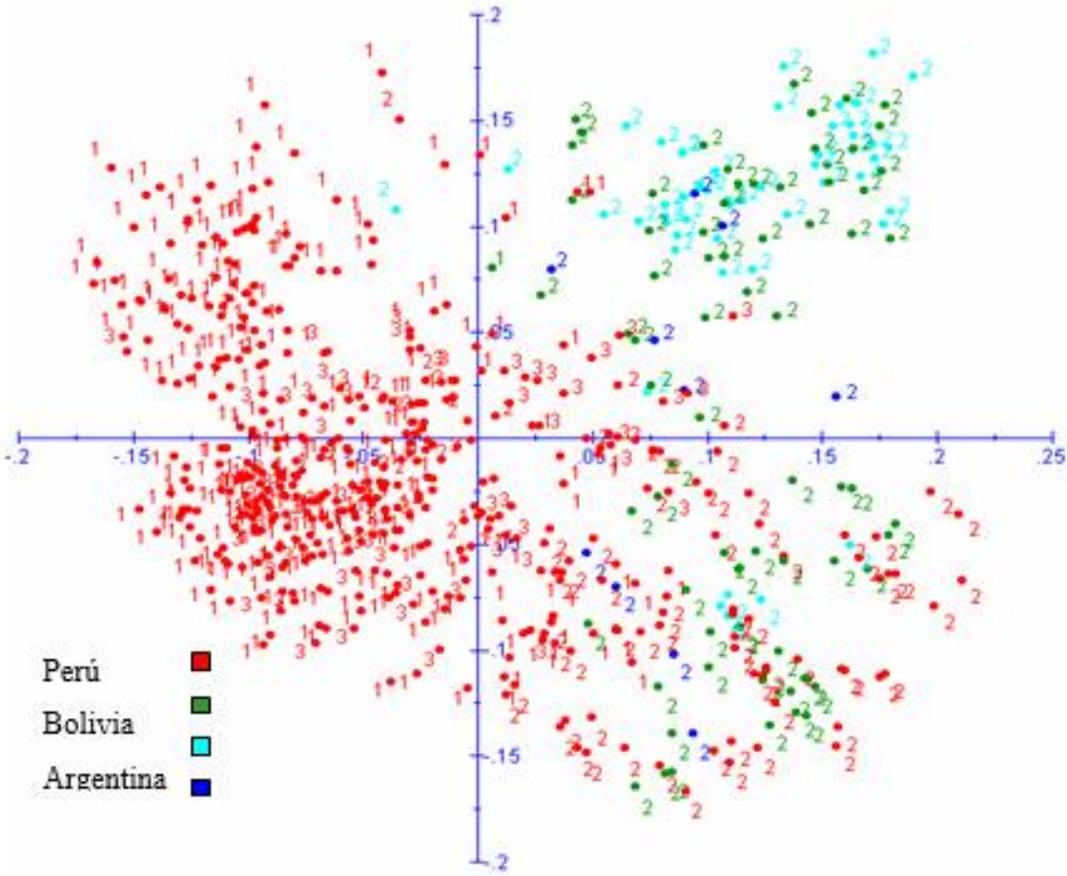
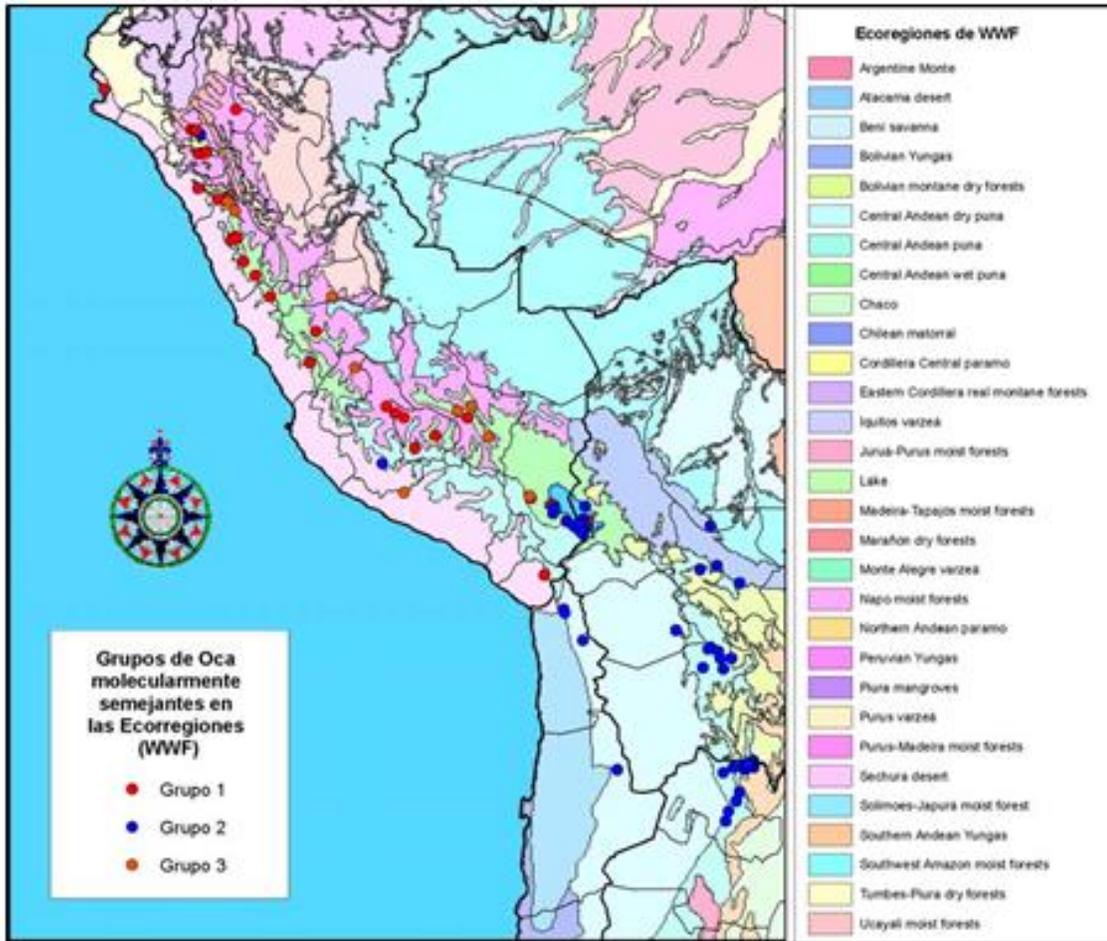


Figura 6. Mapa de las eco-regiones en las zonas de colección de las accesiones. Los puntos de colores nos muestran los grupos moleculares formados en el dendograma.



9.2 Tablas

Tabla 1. Lista de accesiones de oca del Banco de Germoplasma, CIP.

Nº CIP	País de origen	Departamento	Provincia	Nº de colector
CIP 202001	PER	Lima	Yauyos	ARB 5020
CIP 202002	PER	Cajamarca	Cajamarca	ARB 5051
CIP 202003	PER	Cajamarca	Cajamarca	ARB 5052
CIP 202004	PER	Cajamarca	Cajamarca	ARB 5054
CIP 202005	PER	Cajamarca	Chota	AGM 5077
CIP 202006	PER	Cajamarca	Chota	AGM 5079
CIP 202007	PER	Cajamarca	Chota	AGM 5080
CIP 202008	PER	Cajamarca	Chota	AGM 5082
CIP 202009	PER	Cajamarca	Chota	AGM 5084
CIP 202010	PER	Cajamarca	Chota	AGM 5086
CIP 202011	PER	Cajamarca	Chota	AGM 5093
CIP 202012	PER	Cajamarca	Hualgayoc	AGM 5107
CIP 202013	PER	Ancash	Yungay	AMM 5132
CIP 202014	PER	Ancash	Yungay	AMM 5133
CIP 202015	PER	Ancash	Yungay	AMM 5140
CIP 202016	PER	Ancash	Carhuaz	AMM 5151
CIP 202017	PER	Ancash	Carhuaz	AMM 5154
CIP 202018	PER	Ancash	Carhuaz	AMM 5155
CIP 202019	PER	Ancash	Carhuaz	AMM 5166
CIP 202020	PER	Ancash	Carhuaz	AMM 5167
CIP 202021	PER	Ancash	Carhuaz	AMM 5170
CIP 202022	PER	Ancash	Carhuaz	AMM 5171
CIP 202023	PER	Ancash	Carhuaz	AMM 5172
CIP 202024	PER	Ancash	Carhuaz	AMM 5173
CIP 202025	PER	Ancash	Carhuaz	AMM 5174
CIP 202026	PER	Cusco	Calca	ARB 5234
CIP 202027	PER	Cusco	Calca	ARB 5235
CIP 202028	PER	Cusco	Calca	ARB 5236
CIP 202029	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5243
CIP 202030	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5244
CIP 202031	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5245
CIP 202032	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5246
CIP 202033	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5247
CIP 202034	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5249
CIP 202035	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5250
CIP 202036	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5251
CIP 202037	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5252
CIP 202038	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5253
CIP 202039	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5255
CIP 202040	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5264
CIP 202041	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5269
CIP 202042	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5271

Continuación Tabla 1...

Nº CIP	País de origen	Departamento	Provincia	Nº de colector
CIP 202043	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5272
CIP 202044	PER	Cajamarca	Chota	AJB 5294
CIP 202045	PER	Cajamarca	Chota	AJB 5295
CIP 202046	PER	Lima	Yauyos	ARB 5323
CIP 202047	PER	Lima	Yauyos	ARB 5324
CIP 202048	PER	Lima	Yauyos	ARB 5328
CIP 202049	PER	Lima	Yauyos	ARB 5329
CIP 202050	PER	Lima	Yauyos	ARB 5021
CIP 202051	PER	Piura	Piura	ARM 5035
CIP 202052	PER	Piura	Piura	ARM 5036
CIP 202054	PER	Piura	Piura	ARM 5045
CIP 202055	PER	Cajamarca	Cajamarca	ARB 5047
CIP 202056	PER	Cajamarca	Cajamarca	ARB 5048
CIP 202057	PER	Cajamarca	Cajamarca	ARB 5049
CIP 202058	PER	Cajamarca	Cajamarca	ARB 5050
CIP 202059	PER	Cajamarca	Cajamarca	ARB 5053
CIP 202060	PER	Cajamarca	Chota	AGM 5078
CIP 202061	PER	Cajamarca	Chota	AGM 5081
CIP 202062	PER	Cajamarca	Chota	AGM 5083
CIP 202063	PER	Cajamarca	Chota	AGM 5085
CIP 202064	PER	Cajamarca	Chota	AGM 5087
CIP 202065	PER	Cajamarca	Chota	AGM 5088
CIP 202066	PER	Cajamarca	Chota	AGM 5089
CIP 202067	PER	Cajamarca	Chota	AGM 5090
CIP 202068	PER	Cajamarca	Chota	AGM 5091
CIP 202069	PER	Cajamarca	Chota	AGM 5092
CIP 202072	PER	Cajamarca	Hualgayoc	AGM 5106
CIP 202073	PER	Ancash	Yungay	AMM 5144
CIP 202074	PER	Ancash	Yungay	AMM 5145
CIP 202075	PER	Ancash	Yungay	AMM 5146
CIP 202076	PER	Ancash	Carhuaz	AMM 5152
CIP 202077	PER	Ancash	Carhuaz	AMM 5153
CIP 202078	PER	Ancash	Carhuaz	AMM 5165
CIP 202081	PER	Ancash	Yungay	AMM 5222
CIP 202082	PER	Ancash	Yungay	AMM 5223
CIP 202083	PER	Ancash	Yungay	AMM 5224
CIP 202084	PER	Ancash	Yungay	AMM 5225
CIP 202085	PER	Ancash	Yungay	AMM 5226
CIP 202087	PER	Ancash	Yungay	AMM 5228
CIP 202089	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5248
CIP 202090	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5254
CIP 202091	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5256
CIP 202092	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5257
CIP 202093	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5258

Continuación Tabla 1...

Nº CIP	País de origen	Departamento	Provincia	Nº de colector
CIP 202096	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5261
CIP 202097	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5262
CIP 202098	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5263
CIP 202099	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5265
CIP 202101	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5267
CIP 202102	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5268
CIP 202103	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5270
CIP 202104	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5266a
CIP 202105	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5273
CIP 202106	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5273a
CIP 202117	PER	Lima	Yauyos	ARB 5325
CIP 202118	PER	Lima	Yauyos	ARB 5326
CIP 202119	PER	Lima	Yauyos	ARB 5327
CIP 202120	PER	Puno	Chucuito	ARV 5344
CIP 202121	PER	Puno	Chucuito	ARV 5345
CIP 202122	PER	Puno	Chucuito	ARV 5346
CIP 202124	PER	Puno	Chucuito	ARV 5348
CIP 202125	PER	Puno	Chucuito	ARV 5350
CIP 202126	PER	Puno	Chucuito	ARV 5351
CIP 202127	PER	Puno	Chucuito	ARV 5352
CIP 202128	PER	Puno	Chucuito	ARV 5353
CIP 202129	PER	Puno	Chucuito	ARV 5355
CIP 202130	PER	Puno	Chucuito	ARV 5356
CIP 202131	PER	Puno	Chucuito	ARV 5357
CIP 202132	PER	Puno	Chucuito	ARV 5358
CIP 202133	PER	Puno	Chucuito	ARV 5363
CIP 202134	ARG	Jujuy	D. Tumbaya	HN 1015
CIP 202135	ARG	Jujuy	D. Tumbaya	HN 1016
CIP 202136	ARG	Jujuy	D. Tumbaya	HN 1017
CIP 202137	ARG	Jujuy	D. Tumbaya	HN 1018
CIP 202138	ARG	Jujuy	D. Tilcara	HN 1033
CIP 202139	ARG	Jujuy	D. Humahuaca	HN 1042
CIP 202140	ARG	Jujuy	D. Humahuaca	HN 1043
CIP 202141	ARG	Jujuy	D. Humahuaca	HN 1046
CIP 202142	ARG	Jujuy	D. Humahuaca	HN 1047
CIP 202143	ARG	Jujuy	D. Humahuaca	HN 1048
CIP 202145	ARG	Jujuy	D. Yavi	HN 1053
CIP 202146	ARG	Jujuy	D. Yavi	HN 1054
CIP 202147	ARG	Jujuy	D. Yavi	HN 1055
CIP 202148	ARG	Jujuy	D. Yavi	HN 1056
CIP 202149	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1072
CIP 202150	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1073
CIP 202151	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1074
CIP 202152	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1076

Continuación Tabla 1...

Nº CIP	País de origen	Departamento	Provincia	Nº de colector
CIP 202153	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1080
CIP 202154	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1089
CIP 202155	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1091
CIP 202156	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1092
CIP 202158	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1096
CIP 202159	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1105
CIP 202160	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1111
CIP 202161	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1115
CIP 202162	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1117
CIP 202163	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1123
CIP 202164	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1129
CIP 202165	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1130
CIP 202166	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1132
CIP 202167	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1136
CIP 202168	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1142
CIP 202169	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1143
CIP 202170	ARG	Salta	D. Santa Victoria	HN 1145
CIP 202173	ARG	Salta	D. Iruya	HN 1148
CIP 202174	ARG	Salta	D. Iruya	HN 1149
CIP 202175	BOL	Oruro	P. Cercado	MH 0335
CIP 202176	BOL	Potosí	P. Linares	MH 0336a
CIP 202177	BOL	Potosí	P. Linares	MH 0336f
CIP 202178	BOL	Potosí	P. Linares	MH 0336g
CIP 202179	BOL	Potosí	P. Linares	MH 0336h
CIP 202180	BOL	La Paz	P. Camacho	MHG 828
CIP 202181	BOL	La Paz	P. Camacho	MHG 829
CIP 202182	BOL	La Paz	P. Camacho	MHG 830
CIP 202183	BOL	La Paz	P. Camacho	MHG 831
CIP 202184	BOL	La Paz	P. Camacho	MHG 832
CIP 202185	BOL	La Paz	P. Camacho	MHG 833
CIP 202186	BOL	La Paz	P. Camacho	MHG 834
CIP 202187	BOL	La Paz	P. Manco Cápac	MHG 847
CIP 202188	BOL	La Paz	P. Manco Cápac	MHG 848
CIP 202189	BOL	La Paz	P. Manco Cápac	MHG 849
CIP 202190	BOL	La Paz	P. Manco Cápac	MHG 850
CIP 202192	BOL	Oruro	P. Avaroa	MHG 857
CIP 202193	BOL	Oruro	P. Avaroa	MHG 858
CIP 202194	BOL	Oruro	P. Avaroa	MHG 859
CIP 202195	BOL	Oruro	P. Avaroa	MHG 860
CIP 202196	BOL	Oruro	P. Avaroa	MHG 861
CIP 202197	BOL	Potosí	Tomás Frías	MHG 864
CIP 202198	BOL	Potosí	P. Tomás Frías	MHG 865
CIP 202199	BOL	Potosí	P. Tomás Frías	MHG 866
CIP 202200	BOL	Potosí	P. Tomás Frías	MHG 867

Continuación Tabla 1...

Nº CIP	País de origen	Departamento	Provincia	Nº de colector
CIP 202202	BOL	Potosí	P. Tomás Frías	MHG 872
CIP 202203	BOL	Potosí	P. Uyuni	MHG 874
CIP 202204	BOL	Potosí	P. Uyuni	MHG 875
CIP 202205	BOL	Potosí	P. Tomás Frías	MHG 884
CIP 202206	BOL	Potosí	P. Tomás Frías	MHG 887
CIP 202207	BOL	Potosí	P. Tomás Frías	MHG 888
CIP 202208	BOL	Potosí	P. Tomás Frías	MHG 889
CIP 202209	BOL	Potosí	P. Tomás Frías	MHG 890
CIP 202210	BOL	Potosí	P. Tomás Frías	MHG 891
CIP 202211	BOL	Potosí	P. Tomás Frías	MHG 893
CIP 202212	BOL	Potosí	P. Tomás Frías	MHG 894
CIP 202213	BOL	Potosí	P. Tomás Frías	MHG 895
CIP 202214	BOL	Potosí	P. Tomás Frías	MHG 896
CIP 202215	BOL	Potosí	P. Saavedra	MHG 897
CIP 202216	BOL	Potosí	P. Saavedra	MHG 899
CIP 202217	BOL	Potosí	P. Saavedra	MHG 900
CIP 202219	BOL	Cochabamba	P. Carrasco	MHG 910
CIP 202220	BOL	Cochabamba	P. Carrasco	MHG 913
CIP 202221	BOL	Cochabamba	P. Carrasco	MHG 914
CIP 202222	BOL	Cochabamba	P. Carrasco	MHG 916
CIP 202223	BOL	Cochabamba	P. Carrasco	MHG 917
CIP 202224	CHL	Tarapacá	P. El Loa	MHCN 1207
CIP 202225	CHL	Tarapacá	P. El Loa	MHCN 1208
CIP 202226	CHL	-	-	MHCN 1209
CIP 202227	CHL	Tarapacá	P. Parinacota	MHCN 1238
CIP 202228	CHL	Tarapacá	P. Parinacota	MHCN 1239
CIP 202229	CHL	Tarapacá	P. Parinacota	MHCN 1248
CIP 202231	PER	Puno	P. Yunguyo	MU 015
CIP 202232	PER	Puno	P. Yunguyo	MU 017
CIP 202233	PER	Puno	P. Yunguyo	MU 018
CIP 202234	PER	Puno	P. Yunguyo	MU 019
CIP 202235	PER	Puno	P. Chucuito	MU 021
CIP 202236	PER	Puno	P. Yunguyo	MU 023
CIP 202237	PER	Puno	P. Yunguyo	MU 025
CIP 202238	PER	Puno	P. Yunguyo	MU 026
CIP 202240	PER	Puno	P. Yunguyo	MU 031
CIP 202241	PER	Puno	P. Chucuito	MU 036
CIP 202242	PER	Puno	P. Chucuito	MU 037
CIP 202243	PER	Puno	P. Puno	MU 038
CIP 202244	PER	Puno	P. Chucuito	MU 041
CIP 202245	PER	Puno	P. Yunguyo	MU 046
CIP 202246	PER	Puno	P. Chucuito	MU 050
CIP 202247	PER	Puno	P. Puno	MU 051
CIP 202248	PER	Puno	P. Chucuito	MU 054

Continuación Tabla 1...

Nº CIP	País de origen	Departamento	Provincia	Nº de colector
CIP 202249	PER	Puno	P. Yunguyo	MU 055
CIP 202250	PER	Puno	P. Puno	MU 059
CIP 202251	PER	Puno	P. Puno	MU 060
CIP 202252	PER	Puno	P. Puno	MU 063
CIP 202253	PER	Puno	P. Yunguyo	MU 075
CIP 202254	PER	Puno	P. Chucuito	MU 079
CIP 202257	PER	Puno	P. Puno	MU 087
CIP 202258	PER	Puno	P. Yunguyo	MU 089
CIP 202259	PER	Puno	P. Yunguyo	MU 090
CIP 202260	PER	Huancavelica	Tayacaja	O 004 83
CIP 202261	PER	Junin	Tarma	O 005 83
CIP 202262	PER	Pasco	Pasco	O 019 83
CIP 202263	PER	Amazonas	Chachapoyas	O 032 83
CIP 202264	PER	Lima	Cajatambo	O 071 84
CIP 202265	PER	Ancash	Recuay	O 093 84
CIP 202266	PER	Ancash	Recuay	O 097 84
CIP 202267	PER	Ancash	Sihuas	O 115 84
CIP 202268	PER	Ayacucho	Lucanas	O 161 85
CIP 202269	PER	Arequipa	Caraveli	O 184 85
CIP 202270	PER	Puno	San Roman	O 188 85
CIP 202271	PER	Puno	Lampa	O 191 85
CIP 202272	PER	Puno	Lampa	O 193 85
CIP 202273	PER	Tacna	Tarata	O 222 85
CIP 202274	PER	Tacna	Tarata	O 226 85
CIP 202275	PER	Ayacucho	Huamanga	O 233 85
CIP 202276	PER	Apurimac	Chincheros	O 236 85
CIP 202277	PER	Apurimac	Andahuaylas	O 238 85
CIP 202279	PER	Apurimac	Aymaraes	O 249 85
CIP 202280	PER	Apurimac	Aymaraes	O 250 85
CIP 202281	PER	Apurimac	Aymaraes	O 252 85
CIP 202282	PER	Apurimac	Aymaraes	O 253 85
CIP 202283	PER	Apurimac	Aymaraes	O 253 85a
CIP 202284	PER	Apurimac	Aymaraes	O 255 85
CIP 202285	PER	Apurimac	Grau	O 266 85
CIP 202286	PER	Apurimac	Grau	O 267 85
CIP 202287	PER	Cusco	Canchis	O 277 85
CIP 202288	PER	Cusco	Canchis	O 278 85
CIP 202289	PER	Ancash	Pallasca	PRODEKON 1
CIP 202290	PER	Ancash	Pallasca	PRODEKON 2
CIP 202291	PER	Ancash	Pallasca	PRODEKON 3
CIP 202292	PER	Ancash	Pallasca	PRODEKON 4
CIP 202293	PER	Ancash	Pallasca	PRODEKON 5
CIP 202294	PER	Ancash	Pallasca	PRODEKON 6
CIP 202295	PER	Ancash	Pallasca	PRODEKON 7

Continuación Tabla 1...

Nº CIP	País de origen	Departamento	Provincia	Nº de colector
CIP 202296	PER	Ancash	Pallasca	PRODEKON 8
CIP 202297	PER	Ancash	Pallasca	PRODEKON 9
CIP 202298	PER	Ancash	Pallasca	PRODEKON 10
CIP 202300	PER	Ancash	Pallasca	PRODEKON 12
CIP 202301	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 050
CIP 202302	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 051
CIP 202303	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 052
CIP 202305	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 054
CIP 202306	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 055
CIP 202307	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 056
CIP 202308	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 057
CIP 202309	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 058
CIP 202310	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 059
CIP 202311	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 060
CIP 202313	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 063
CIP 202314	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 064
CIP 202315	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 065
CIP 202316	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 066
CIP 202317	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 067
CIP 202318	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 068
CIP 202319	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 069
CIP 202320	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 070
CIP 202321	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 071
CIP 202322	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 072
CIP 202323	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 073
CIP 202324	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 074
CIP 202325	BOL	Cochabamba	P. Tiraque	PTO 075
CIP 202326	PER	Puno	-	PTO 076
CIP 202327	PER	Puno	-	PTO 077
CIP 202329	PER	Junín	Concepción	AFV 5538
CIP 202330	PER	Junín	Concepción	AFV 5539
CIP 202331	PER	Junín	Concepción	AFV 5540
CIP 202332	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5254a
CIP 202333	PER	Cajamarca	Cajamarca	AJA 5270a
CIP 202334	PER	Junín	Concepción	AVM 5544
CIP 202335	PER	Puno	Chucuito	ARV 5349
CIP 202336	PER	Puno	Chucuito	ARV 5354
CIP 202337	PER	Puno	Chucuito	ARV 5359
CIP 202338	PER	Puno	Chucuito	ARV 5360
CIP 202339	PER	Puno	Chucuito	ARV 5361
CIP 202340	PER	Junín	Concepción	AVM 5541
CIP 202341	PER	Junín	Concepción	AVM 5542
CIP 202342	PER	Junín	Concepción	AVM 5543
CIP 202343	PER	Junín	Concepción	AVM 5545

Continuación Tabla 1...

Nº CIP	País de origen	Departamento	Provincia	Nº de colector
CIP 202344	PER	Junín	Concepción	AVM 5546
CIP 202345	ARG	Jujuy	Tumbaya	HN 1014
CIP 202346	ARG	Jujuy	Humahuaca	HN 1041
CIP 202347	ARG	Jujuy	Yavi	HN 1051
CIP 202348	ARG	Jujuy	Yavi	HN 1057
CIP 202349	ARG	Salta	Santa Victoria	HN 1081
CIP 202350	ARG	Salta	Santa Victoria	HN 1088
CIP 202351	ARG	Salta	Santa Victoria	HN 1103
CIP 202352	ARG	Salta	Santa Victoria	HN 1104
CIP 202353	ARG	Salta	Santa Victoria	HN 1112
CIP 202354	ARG	Salta	Santa Victoria	HN 1116
CIP 202355	ARG	Salta	Santa Victoria	HN 1120
CIP 202356	ARG	Salta	Santa Victoria	HN 1122
CIP 202357	ARG	Salta	Santa Victoria	HN 1126
CIP 202359	ARG	Salta	Santa Victoria	HN 1135
CIP 202360	ARG	Salta	Santa Victoria	HN 1137
CIP 202361	PER	Cusco	P. Paruro	MH 1162
CIP 202362	PER	Cusco	P. Paruro	MH 1163
CIP 202363	PER	-	-	MHG 877
CIP 202364	PER	-	-	MHG 898
CIP 202365	PER	Puno	Puno	MU 002
CIP 202366	PER	Puno	Chucuito	MU 003
CIP 202367	PER	Puno	Chucuito	MU 004
CIP 202368	PER	Puno	Yunguyo	MU 007
CIP 202369	PER	Puno	Yunguyo	MU 010
CIP 202370	PER	Puno	Yunguyo	MU 011
CIP 202371	PER	Puno	Yunguyo	MU 012
CIP 202372	PER	Puno	Yunguyo	MU 013
CIP 202373	PER	Puno	Yunguyo	MU 014
CIP 202374	PER	Puno	Yunguyo	MU 016
CIP 202375	PER	Puno	Chucuito	MU 028
CIP 202376	PER	Puno	Yunguyo	MU 033
CIP 202377	PER	Puno	Chucuito	MU 034
CIP 202378	PER	Puno	Puno	MU 039
CIP 202379	PER	Puno	Chucuito	MU 049
CIP 202380	PER	Puno	Puno	MU 052
CIP 202381	PER	Puno	Yunguyo	MU 056
CIP 202382	PER	-	-	MU 057
CIP 202383	PER	Puno	Puno	MU 061
CIP 202384	PER	Puno	Chucuito	MU 066
CIP 202385	PER	Puno	Yunguyo	MU 068
CIP 202386	PER	Puno	Yunguyo	MU 069
CIP 202387	PER	Puno	Yunguyo	MU 070
CIP 202388	PER	Puno	Yunguyo	MU 071

Continuación Tabla 1...

Nº CIP	País de origen	Departamento	Provincia	Nº de colector
CIP 202389	PER	Puno	Yunguyo	MU 074
CIP 202390	PER	Puno	Yunguyo	MU 076
CIP 202391	PER	Puno	Chucuito	MU 077
CIP 202392	PER	Puno	Chucuito	MU 078
CIP 202393	PER	Puno	Puno	MU 081
CIP 202394	PER	Puno	Chucuito	MU 082
CIP 202395	PER	Puno	Yunguyo	MU 083
CIP 202396	PER	Puno	Chucuito	MU 088
CIP 202397	PER	Ancash	Pallasca	PRODEKON 8a
CIP 202398	PER	-	-	PTO 078
CIP 202399	PER	Huancavelica	Tayacaja	O 002 83
CIP 202400	PER	Junín	Tarma	O 006 83
CIP 202401	PER	Junín	Tarma	O 008 83
CIP 202402	PER	Junín	Concepción	O 012 83
CIP 202403	PER	Pasco	Pasco	O 015 83
CIP 202404	PER	Pasco	Pasco	O 018 83
CIP 202405	PER	Pasco	Pasco	O 020 83
CIP 202406	PER	Pasco	Pasco	O 021 83
CIP 202407	PER	Pasco	Pasco	O 022 83
CIP 202408	PER	Pasco	Pasco	O 025 83
CIP 202409	PER	Pasco	Pasco	O 026 83
CIP 202410	PER	Cajamarca	San Ignacio	O 027 83
CIP 202411	PER	Amazonas	Chachapoyas	O 029 83
CIP 202412	PER	Amazonas	Chachapoyas	O 030 83
CIP 202413	PER	Amazonas	Chachapoyas	O 031 83
CIP 202414	PER	Amazonas	Chachapoyas	O 032 83a
CIP 202415	PER	Cajamarca	Celendín	O 035 83
CIP 202416	PER	Cajamarca	Celendín	O 036 83
CIP 202417	PER	Cajamarca	Celendín	O 039 83
CIP 202418	PER	Cajamarca	Celendín	O 040 83
CIP 202419	PER	Cajamarca	Cajamarca	O 044 83
CIP 202420	PER	Cajamarca	Hualgayoc	O 046 83
CIP 202421	PER	Cajamarca	Hualgayoc	O 053 83
CIP 202422	PER	Cajamarca	Chota	O 056 83
CIP 202423	PER	Lima	Huaral	O 060 84
CIP 202424	PER	Lima	Huaral	O 062 84
CIP 202425	PER	Lima	Huaral	O 063 84
CIP 202426	PER	Lima	Huaral	O 064 84
CIP 202427	PER	Lima	Cajatambo	O 068 84
CIP 202428	PER	Lima	Cajatambo	O 070 84
CIP 202429	PER	Lima	Cajatambo	O 074 84
CIP 202430	PER	Ancash	Recuay	O 076 84
CIP 202431	PER	Ancash	Recuay	O 079 84
CIP 202432	PER	Ancash	Recuay	O 079 84a

Continuación Tabla 1...

Nº CIP	País de origen	Departamento	Provincia	Nº de colector
CIP 202433	PER	Ancash	Bolognesi	O 085 84
CIP 202434	PER	Ancash	Bolognesi	O 089 84
CIP 202435	PER	Ancash	Sihuas	O 102 84
CIP 202436	PER	Ancash	Sihuas	O 116 84
CIP 202437	PER	La Libertad	Otuzco	O 120 84
CIP 202438	PER	La Libertad	Otuzco	O 125 84
CIP 202439	PER	La Libertad	Otuzco	O 127 84
CIP 202440	PER	La Libertad	Otuzco	O 129 84
CIP 202441	PER	La Libertad	Otuzco	O 131 84
CIP 202442	PER	La Libertad	Otuzco	O 136 84
CIP 202443	PER	La Libertad	Sánchez Carrión	O 144 84
CIP 202444	PER	La Libertad	Sánchez Carrión	O 145 84
CIP 202445	PER	La Libertad	Sánchez Carrión	O 150 84
CIP 202446	PER	La Libertad	Sánchez Carrión	O 152 84
CIP 202447	PER	-	-	COC 013a
CIP 202448	PER	-	-	COC 03 08 007a
CIP 202449	PER	-	-	COC 03 08 009a
CIP 202450	PER	-	-	COC 03 08 012a
CIP 202451	PER	-	-	COC 03 08 013a
CIP 202452	PER	-	-	COC 03 08 016
CIP 202453	PER	-	-	COC 03 08 018
CIP 202454	PER	-	-	COC 03 08 021b
CIP 202455	PER	-	-	COC 03 08 024
CIP 202456	PER	-	-	COC-03-08-025
CIP 202457	PER	-	-	COC-03-08-028
CIP 202458	PER	-	-	COC 035
CIP 202459	PER	-	-	COC 039
CIP 202460	PER	-	-	COC 042
CIP 202461	PER	-	-	COC 047
CIP 202462	PER	-	-	COC 048
CIP 202463	PER	-	-	COC 053
CIP 202464	PER	-	-	COC 062
CIP 202465	PER	-	-	COC 101
CIP 202466	PER	-	-	COC 101a
CIP 202467	PER	-	-	COC 101b
CIP 202468	PER	-	-	COC 106
CIP 202469	PER	-	-	COC 112
CIP 202470	PER	-	-	COC 118
CIP 202471	PER	-	-	COC 119
CIP 202472	PER	-	-	COC 121
CIP 202473	PER	-	-	COC 125
CIP 202474	PER	-	-	COC 132a
CIP 202475	PER	-	-	COC 172
CIP 202476	PER	-	-	COC 176

Continuación Tabla 1...

Nº CIP	País de origen	Departamento	Provincia	Nº de colector
CIP 202523	PER	Puno	Puno	MU 001
CIP 202524	PER	Huancavelica	Huancavelica	ATT 5462
CIP 202525	PER	Huancavelica	Huancavelica	ATT 5463
CIP 202526	PER	Huancavelica	Huancavelica	ATT 5464
CIP 202527	PER	Huancavelica	Huancavelica	ATT 5464a
CIP 202529	PER	Huancavelica	Huancavelica	ATT 5466
CIP 202530	PER	Huancavelica	Huancavelica	ATT 5467
CIP 202531	PER	Huancavelica	Huancavelica	ATT 5468
CIP 202532	PER	Piura	Huancabamba	AAQ 5474
CIP 202533	PER	Piura	Huancabamba	AAQ 5475
CIP 202534	PER	Piura	Huancabamba	AAQ 5477
CIP 202535	PER	Piura	Huancabamba	AAQ 5478
CIP 202536	PER	Piura	Huancabamba	AAQ 5478a
CIP 202537	PER	Piura	Huancabamba	AAQ 5479
CIP 202538	PER	Piura	Huancabamba	AAQ 5484
CIP 202539	PER	Piura	Huancabamba	AAQ 5485
CIP 202540	PER	Piura	Huancabamba	AAQ 5486
CIP 202541	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 14
CIP 202542	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 15
CIP 202543	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 16
CIP 202544	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 18
CIP 202545	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 19
CIP 202546	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 20
CIP 202547	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 21
CIP 202548	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 22
CIP 202549	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 23
CIP 202550	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 26
CIP 202551	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 28
CIP 202552	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 29
CIP 202553	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 30
CIP 202554	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 31
CIP 202555	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 32
CIP 202556	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 33
CIP 202557	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 34
CIP 202558	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 36
CIP 202559	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 36a
CIP 202560	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 37
CIP 202561	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 38
CIP 202562	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 39
CIP 202563	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 40
CIP 202564	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 41
CIP 202565	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 42
CIP 202566	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 43
CIP 202567	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 44

N.º CIP	País de	Departamento	Provincia	N.º de colector
CIP 202477	PER	-	-	COC 177
CIP 202478	PER	-	-	COC 180
CIP 202479	PER	-	-	COC 182
CIP 202480	PER	-	-	COC 189
CIP 202481	PER	-	-	COC 378b
CIP 202482	PER	-	-	COC 378
CIP 202483	PER	-	-	COC 390
CIP 202484	PER	-	-	COC 391
CIP 202485	PER	-	-	COC 401
CIP 202486	PER	-	-	COC 407
CIP 202487	PER	-	-	COC 412
CIP 202488	PER	-	-	COC 414
CIP 202489	PER	-	-	COC 416
CIP 202490	PER	-	-	COC 423
CIP 202491	PER	-	-	COC 425b
CIP 202492	PER	-	-	COC 429
CIP 202493	PER	-	-	COC 438
CIP 202494	PER	-	-	COC 450
CIP 202496	PER	-	-	COC 532
CIP 202497	PER	-	-	COC 537
CIP 202498	PER	-	-	COC 540
CIP 202499	PER	-	-	COC 542
CIP 202500	PER	-	-	COC 592
CIP 202501	PER	-	-	COC 600
CIP 202502	PER	-	-	COC A1 H12
CIP 202503	PER	-	-	COC CYCY 07a
CIP 202504	PER	-	-	COC CYCY 07b
CIP 202505	BOL	-	-	COC IBTA 151
CIP 202507	BOL	-	-	COC IBTA 188
CIP 202508	BOL	-	-	COC IBTA 189
CIP 202509	BOL	-	-	COC IBTA 041
CIP 202510	BOL	-	-	COC IBTA 009a
CIP 202511	BOL	-	-	COC IBTA 009b
CIP 202512	PER	-	-	COC S/C 15
CIP 202513	PER	-	-	COC S/C 73
CIP 202514	PER	-	-	COC UNTA 11
CIP 202515	PER	-	-	COC UNTA 25
CIP 202516	PER	-	-	COC UNTA 28
CIP 202517	PER	-	-	COC X 18
CIP 202518	PER	-	-	COC X 28
CIP 202519	PER	-	-	COC X 34
CIP 202520	PER	Lima	Yauyos	ARB 5327a
CIP 202521	PER	Puno	Chucuito	ARV 5343
CIP 202522	PER	Puno	Chucuito	ARV 5362

Continuación Tabla 1

Nº CIP	País de origen	Departamento	Provincia	Nº de colector
CIP 202568	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 45
CIP 202569	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 46
CIP 202570	PER	Pasco	Pasco	CO DPA 01 47
CIP 202571	PER	Huancavelica	Castrovirreyna	GOM 098
CIP 202572	PER	Huancavelica	Castrovirreyna	GOM 099
CIP 202573	PER	Huancavelica	Castrovirreyna	GOM 100
CIP 202574	PER	Huancavelica	Castrovirreyna	GOM 101
CIP 202575	PER	Huancavelica	Castrovirreyna	GOM 102
CIP 202576	PER	Huancavelica	Castrovirreyna	GOM 103
CIP 202577	PER	Huancavelica	Castrovirreyna	GOM 104
CIP 202578	PER	Huancavelica	Castrovirreyna	GOM 105
CIP 202579	PER	Huancavelica	Castrovirreyna	GOM 106
CIP 202580	PER	-	-	UNC O 338
CIP 202581	PER	-	-	UNC O 226
CIP 202582	CHL	-	-	CN9300O x A1313
CIP 202583	CHL	-	-	CN9300O x A1316
CIP 202584	CHL	-	-	CON 91-1292
CIP 202585	CHL	-	-	CON 91-1298
CIP 202586	PER	Cajamarca	Cajamarca	CLON 001
CIP 202587	PER	Cajamarca	Chota	CLON 003
CIP 202588	PER	Cajamarca	Cajamarca	CLON 005
CIP 202589	PER	Cajamarca	Cajamarca	CLON 008
CIP 202590	PER	Cajamarca	Cajamarca	CLON 010
CIP 202591	PER	Cajamarca	Cajamarca	CLON 011
CIP 202592	PER	Cajamarca	Cajamarca	CLON 012
CIP 202593	PER	Cajamarca	Celendín	CLON 014
CIP 202594	PER	Cajamarca	Cajamarca	CLON 017
CIP 202595	PER	Cajamarca	Cajamarca	CLON 019
CIP 202596	PER	Cajamarca	Celendín	CLON 030
CIP 202597	PER	Cajamarca	Cajamarca	CLON 034
CIP 202598	PER	Cajamarca	Cajamarca	CLON 035
CIP 202599	PER	Cajamarca	Cajamarca	CLON 037
CIP 202600	PER	Cajamarca	San Miguel de Pallaques	CLON 039
CIP 202601	PER	Cajamarca	Cajamarca	CLON 041
CIP 202602	PER	Cajamarca	Cajamarca	CLON 043
CIP 202603	PER	Cajamarca	Cajamarca	CLON 044
CIP 202604	PER	Cajamarca	Cajamarca	CLON 045
CIP 202605	PER	Cajamarca	Celendín	CLON 048
CIP 202606	PER	Cajamarca	Cajamarca	CLON 065
CIP 202607	PER	-	-	PICA FRU 92 OC
CIP 202608	PER	-	-	PICA HI 92 OC
CIP 202609	PER	-	-	PICA MOROS 92 OC
CIP 202610	PER	Ayacucho	Huamanga	O 199 86

Continuación Tabla 1...

Nº CIP	País de origen	Departamento	Provincia	Nº de colector
CIP 202611	PER	Ayacucho	Huamanga	O 218 86
CIP 202612	PER	Ayacucho	Huamanga	O 255 86
CIP 202616	PER	Huancavelica	Tayacaja	AAAV 5584
CIP 202617	PER	Junín	Concepción	AAAV 5585
CIP 202618	PER	Junín	Huancayo	AAAV 5586
CIP 202619	PER	Junín	Jauja	AAAV 5587
CIP 202620	PER	Junín	Jauja	AAAV 5588
CIP 202621	PER	Junín	Jauja	AAAV 5589
CIP 202622	PER	Junín	Jauja	AAAV 5590
CIP 202623	PER	Junín	Jauja	AAAV 5591
CIP 202624	PER	Junín	Jauja	AAAV 5592
CIP 202625	PER	Junín	Jauja	AAAV 5593
CIP 202626	PER	Junín	Jauja	AAAV 5594
CIP 202627	PER	Junín	Tarma	AAAV 5595
CIP 202628	PER	Junín	Tarma	AAAV 5596
CIP 202629	PER	Junín	Tarma	AAAV 5597

Tabla 2. Número de accesiones por país.

Procedencias de las muestras	Nº de accesiones
Argentina	52
Bolivia	75
Chile	10
Perú	448
Total	585

Tabla 3. Secuencia de los iniciadores usados para las pruebas de AFLP.

Iniciador	Secuencia	Iniciador	Secuencia
E-35	GACTGCGTACCAATTCACA	M-59	GATGAGTCCTGAGTAACTA
E-35	GACTGCGTACCAATTCACA	M-60	GATGAGTCCTGAGTAACTC
E-39	GACTGCGTACCAATTCAGA	M-40	GATGAGTCCTGAGTAAAGC
E-40	GACTGCGTACCAATTCAGC	M-35	GATGAGTCCTGACTAAACA
E-42	GACTGCGTACCAATTCAGT	M-54	GATGAGTCCTGAGTAACCT
E-42	GACTGCGTACCAATTCAGT	M-60	GATGAGTCCTGAGTAACTC
E-45	GACTGCGTACCAATTCATG	M-51	GATGAGTCCTGAGTAACCA

Tabla 4. Resultados de la combinación de los iniciadores.

Combinación	Rango de tamaños de bandas (pb)	Nº	Porcentajes polimorfismo	
E35ACA/M59CTA	500 -169	31	28	90
E35ACA/M60CTC	515 -118	27	21	77
E39AGA/M40AGC	515 -155	30	20	66
E40AGC/M35ACA	295 -153	29	29	100
E42AGT/M54CCT	515 -130	28	23	82
E42AGT/M60CTC	300 -122	28	24	85
E42AGT/M60CTC	405 -140	40	30	75
Total		213	175	82

Tabla 5. Disimilaridad promedio de cada país.

Países de recolección de muestras	Promedio de disimilaridad (D)
Argentina (52 accesiones)	0.309
Bolivia (75 accesiones)	0.351
Chile (10 accesiones)	0.359
Perú (448 accesiones)	0.410*

*fue calculado como (1-similaridad)

Tabla 6. Disimilaridad promedio de cada zona del Perú.

Perú por zonas de accesión	Promedio de disimilaridad (D)
Norte (123 accesiones)	0.400
Centro (148 accesiones)	0.396
Sur(177 accesiones)	0.404

Tabla 7. Análisis de varianza molecular por países.

Fuente de variación	g.l	Suma de cuadrados	Componentes de varianza	Porcentaje de variación
Entre países	3	550.636	2.04859 Va	6.77
Entre accesiones	582	16.377.801	28.18899 Vb	93.23
Total	585	16.928.438	3.023.757	100.00

dentro de cada país (*)

(*) Argentina, Bolivia, Chile, Perú.

Tabla 8. Análisis de varianza molecular dentro del Perú.

Fuente de variación	g.l	Suma de cuadrados	Componentes de varianza	Porcentaje de variación
Entre zonas	2	475.508	14.186	4.79
Entre accesiones	445	12.556.398	282.166	95.21
Total	447	13.031.906	2.963.526	100.00

dentro de las zonas (*)

(*) norte, centro y sur del Perú

Tabla 9. Distancias genéticas entre ocas provenientes de países.

Países	Argentina	Bolivia	Chile	Perú
Argentina	-			
Bolivia	0.14588 (+)	-		
Chile	0.1598 (+)	0.02358 (-)	-	
Perú	0.05329 (+)	0.06711 (+)	0.07117 (+)	-
Distancia Promedio	0.11965	0.07885	0.08485	0.06385

Tabla 10. Distancias genéticas entre ocas de la zona del Perú

Zonas	Centro	Norte	Sur
Centro	-		
Norte	0.02905 (+)	-	
Sur	0.05535(+)	0.05418 (+)	-

Distancia Promedio 0.0422 0.0416 0.0547

Tabla 11. Porcentaje de heterozigocidad por países

País	Ht	Ht %
Argentina	0.19	19
Bolivia	0.22	22
Chile	0.20	20
Perú	0.31	31

Tabla 12. Porcentaje de heterozigocidad por zonas del Perú

Zonas	Ht	Ht %
Centro	0.30	30
Sur	0.29	29

10.2 Apéndice 1. Traducción al español del Compendio de Historia del reino de Chile (1776) sobre la primera descripción de La Oca *Oxalis tuberosa* por Don Giovanni Ignacio Molina.

138 *Compendio de la Historia*
 á su nombre patrio, podemos llamar *Solanum cari* (1), arroja unas flores blancas dentro de un nectario amarillo como el del narciso, y cria unos tuberculos cilindricos y dulces, que se comen asados.
 7.º La Oca *Oxalis tuberosa* (2). En el Perú se cria una planta tuberosa que tiene el mismo nombre, pero que yo tengo por distinta de la Chilena, que se parece en su fruto y hechura á la aleluya amarilla, que arroja las hojas de tres en tres igualmente que ella, y de sabor agrio, pero cuyas flores son ovales, y cuya raiz echa, al modo de las pomas de tierra, seis ó siete tuberculos de tres ó quatro pulgadas de largo, cubiertos de una película sutil y lisa, blancos, tiernos y de un sabor agri dulce, que se comen cocidos, y sirven tambien de semilla para la reproduccion de la planta. Este genero comprehende en Chile infinitas especies, entre las quales las mas apreciables son el *Culle roxo* (3), excelente para los tintes, y buen específico contra las fiebres ardientes; y la *Varrilla* ó la *Aleluya virgosa* de Coquimbo, la qual
 (1) *Solanum caule inerari herb. fol. pinnatis integ. nectar. campanulato subaequante petala.*
 (2) *Oxalis pedunc. umbelliferis, caule ramoso, radice tuberosa.*
 (3) *Oxis roseo flore erectior; vulgo Culle. Feuillé.*

del Reyno de Chile. 139
 qual echa un gran numero de vastagos ó varetas de cinco pies de alto, de un dedo de grueso, tiernas, ácidas, y pobladas de flores amarillas, verticales, y como campanillas. Esta planta no produce mas hojas que las radicales, que lleva de tres en tres, y son de un tamaño proporcionado.

10.3 Apéndice 2. Cuadro presentado por Urrunaga en su proyecto “Conservación in situ de cultivos nativos y sus parientes silvestres”, Universidad del Cuzco en el 2002

Nombre vulgar	Nombre científico	Categoría de uso	Parte de la Planta	Formas de empleo	Propiedades
Oca	Oxalis tuberosa	Alimenticia	Tallo (aéreo)	Directo	Refrescante
			Tubérculo	Cocimiento horneado	Nutritivo
				Sancochado en sopas y guisos	Nutritivo
				Harina (panificación, repostería, cocina)	Nutritivo
				Sancochado	Energético
				Guisos	Proteico
			Hojas	Directo	Refrescante
		Medicinal	Tubérculo hojas	Decocción	Emoliente depurativo, analgésico ótico
			Tubérculo	Soleado	Antianémico
			Tallo aéreo	Zumo	Quita las manchas
			Tubérculo	Huatia	Antirraquítico
			Hojas	Directo (masticado)	Antigripal
			Tubérculo	Cocimiento	Emoliente antiinflamatorio
			Tubérculo	Directo y crudo	Antiinflamatorio en la gingivitis
		Forrajera	Parte aérea	Directo	Emoliente estomacal
				Directo	Ganado vacuno
Biocida	Hoja	Directo	Manejo de plagas durante almacenamiento		

10.3 Apéndice 3. Dendograma realizado con el programa NTsys.

